

Abschlussbericht

Integration der Biogaserzeugung in die Landwirtschaft Thüringens

Projekt-Nr. 96.08



Langtitel: **Integration der Biogaserzeugung in die Landwirtschaft Thüringens**

Kurztitel: Biogas

Projekt: Biogas

Projektleiter: Dr. Gerd Reinhold

Abteilung: Agrarökonomie und Agrarmarkt

Abteilungsleiter: Torsten Weidemann

Themenleiter: Dr. Gerd Reinhold

Laufzeit: 01/2013 bis 12/2016

Auftraggeber: Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft

Bearbeiter: Dr. Gerd Reinhold

Januar 2017



Dr. Armin Vetter
(Stellv. Präsident)



Dr. Gerd Reinhold
(Projektleiter)

Copyright:

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen und der foto-mechanischen Wiedergabe sind dem Herausgeber vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSENDE SCHLUSSFOLGERUNGEN	4
1 Problem- und Zielstellung	6
2 Stand der Biogaseinführung und des Substrateinsatzes in Thüringen	8
2.1 Integration der Biogaserzeugung in die deutsche Landwirtschaft	8
2.2 Entwicklung des Anlagenbaus und der Anlagengrößen in Thüringen	11
2.3 Substrateinsatz	17
2.4 Regionale Unterschiede im Substrateinsatz	21
2.5 Gärproduktanfall und Gärprodukteigenschaften	22
2.6 Abschätzung der Wirkung der Novellen der DüV und der AwSV	32
2.6.1 Forderung nach 9 Monaten Lagerkapazität	34
2.6.2 Mögliche Anpassungsreaktionen der BGA	37
2.7 Nutzung der Wärme in den BGA	45
2.7.1 Material und Methoden	47
2.7.2 Stand der Wärmenutzung und verfahrenstechnische Einflussfaktoren	50
2.7.3 Wirtschaftsdüngereinsatz und Prozesswärmebedarf	54
2.7.4 Wärmenutzungsunterschiede in den einzelnen BGA	57
2.7.5 Art der Wärmenutzung in den einzelnen BGA und Regionen	60
 Anlage 1: Fragebogen Variante 1	 64
Anlage 2: Fragebogen Variante 2	65

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1:	Abgeschätzte Entwicklung der installierten Leistung zur Stromerzeugung aus Biomasse (DBFZ 2016)	8
Abbildung 2:	Strukturelle Unterschiede der Biogasanlagen in den Regionen	9
Abbildung 3:	Wirtschaftsdüngereinsatz (Datenquelle: DBFZ), Tierbesatz und Besatz an BGA in den Bundesländern.	10
Abbildung 4:	Räumliche Verteilung der BGA in Thüringen	12
Abbildung 5:	Entwicklung des Biogasanlagenbaus in Thüringen.....	12
Abbildung 6:	Jährlicher Zubau von BGA in Thüringen in den EEG Stufen.....	13
Abbildung 7:	Erreichte Volllaststunden der Thüringer BGA in 2015.....	14
Abbildung 8:	normierte Vergütung in den einzelnen EEG Stufen (ohne „kleine Gülleanlage“, ohne Technologie- u. Formaldehyd-Bonus; 35 % KWK; 25 % Prozesswärme; Fütterung: 50 % Mais, 30 % Rindergülle, 20 % GPS).....	15
Abbildung 9:	Vorschlag zur Differenzierung der Vergütung über die Biogasanlagen-größe (Quelle: Fraunhofer IWES).....	15
Abbildung 10:	Substratkosten in Abhängigkeit von der Leistung der BGA	18
Abbildung 11:	Substratkosten in Abhängigkeit vom Wirtschaftsdüngeranteil.....	18
Abbildung 12:	Inanspruchnahme von Fläche in ha in Thüringens (Stand 01.01.2016).....	22
Abbildung 13:	Anteil der Fläche für Biogasanlagen in % der LF in Thüringens (Stand 01.01.2016).....	22
Abbildung 14:	Zusammensetzung des Wirtschaftsdüngeranfalls in Thüringen.....	24
Abbildung 15:	Zusammensetzung des Wirtschaftsdüngeranfalls in Deutschland	26
Abbildung 16:	Stickstoffkreislauf beim Anbau von Mais für die BGA statt Getreide	29
Abbildung 17:	Phosphorkreislauf beim Anbau von Mais für die BGA statt Getreide	30
Abbildung 18:	Vergleich von Milch- und „Betonkuh“	31
Abbildung 19:	Ausbringe-Kalender zur Ermittlung des Lagerraumbedarfs für Heute und nach Inkrafttreten der Novelle der DüV	33
Abbildung 20:	Investitionskosten für Gärproduktlager (Quelle: KTBL und eigene Erhebungen)	36
Abbildung 21:	Gärproduktanfall (Fugatfaktoren) unterschiedlicher Substrate.....	40
Abbildung 22:	Spezifischer auf die Energieerzeugung bezogener Gärproduktanfall	40
Abbildung 23:	Mögliche Lebenskurve der Thüringer BGA nach EEG unter Beachtung der vorzeitigen Abschaltung	44
Abbildung 24:	Erfassung der Wärmenutzung 2009 (n = 37).....	46
Abbildung 25:	Erfassung der Wärmenutzung 2011 (57 von 226 BGA).....	47
Abbildung 26:	Leistungsabhängigkeit des elektrischen Wirkungsgrades von Biogas BHKW`s (Datenquelle ASUE 2015).....	49
Abbildung 27:	Beziehung zwischen elektrischen und thermischen Wirkungsgrad in Biogas BHKW`s (Datenquelle ASUE 2015).....	49
Abbildung 28:	Beziehung zwischen Wärmenutzung und Wirtschaftsdüngeranteil im Substrat	52
Abbildung 29:	Beziehung zwischen Wärmenutzung und Gülleanteil im Substrat	53
Abbildung 30:	Beziehung zwischen Wärmenutzung und Anlagengröße.....	53
Abbildung 31:	Beziehung zwischen Anlagengröße und Wirtschaftsdünger (WD) und Gülleanteil an der Fütterung in Thüringen	55
Abbildung 32:	Prozesswärmebedarf in Abhängigkeit vom Gülleanteil.....	56
Abbildung 33:	Prozesswärmebedarf in Abhängigkeit vom Wirtschaftsdüngeanteil.....	56

Abbildung 34:	Wirtschaftsdüngeranteil am Substratmix (Quelle: DBFZ 2016) und GV-Besatz in den Bundesländern	57
Abbildung 35:	Wärmenutzung in den einzelnen BGA in % vom Potenzial (incl. Prozesswärme; sortiert nach Jahr der Inbetriebnahme)	58
Abbildung 36:	Eigen und Fremdwärmenutzung in den einzelnen BGA in % vom Potenzial (ohne Prozesswärme; sortiert nach Jahr der Inbetriebnahme)...	59
Abbildung 37:	Wärmenutzung in % vom nutzbaren Wärmepotential	59
Abbildung 38:	Anteil der Nutzung der erzeugten Wärmemenge in den BGA (Sortiert nach der Höhe der Wärmenutzung; rechts Anlagen mit unvollständigen Angaben).....	60
Abbildung 39:	Art der Wärmenutzung (Mehrfachnennungen möglich)	62

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1:	Biogasanlagenbestand in Thüringen.....	13
Tabelle 2:	Faktorenvorschlag für die Differenzierung der Anlagen im Ausschreibungs- EEG 2017	16
Tabelle 3:	Größenklassenverteilung der BGA in Thüringen (ohne BHKW in BMEA)...	16
Tabelle 4:	Anteil der BGA mit Direktvermarktung (DV) in den Bundesländern	17
Tabelle 5:	Flächeneinsatz für die Biogaserzeugung	19
Tabelle 6:	Substrateinsatz in den Thüringer Landkreisen	20
Tabelle 7:	Substratquellen für den Gärprodukthanfall in Thüringen	25
Tabelle 8:	Eigenschaften von Gärprodukten bei unterschiedlicher Fütterung der BGA (RG = Rindergülle, SG = Schweinegülle, TK = Trockenkot, NAWARO = Nachwachsende Rohstoffe).....	27
Tabelle 9:	Nährstoffwerte von Gärprodukten bei unterschiedlicher Fütterung der BGA ..	28
Tabelle 10:	Gabenhöhen der einzelnen Gärprodukttypen nach Novelle der DüV	32
Tabelle 11:	Grunddaten der Modellanlagen.....	35
Tabelle 12:	Kosten bei Zubau von GPL für insgesamt 270 d Lagerkapazität.....	38
Tabelle 13:	Wirkung der Reduzierung des Gülleanteils	39
Tabelle 14:	Wirkung der Reduzierung des Gülleanteils und Erhöhung des Maiseinsatzes.....	39
Tabelle 15:	Wirkung des Einsatzes von Fest-Flüssigtrennung zur Verminderung des Lagerraumbedarfs	41
Tabelle 16:	Stand der Nutzung von Folienerdbecken in den Bundesländern.....	43
Tabelle 17:	Wärmenutzung der BGA in Thüringen	51
Tabelle 18:	Verfahrensparameter in Thüringen und Deutschland.....	54
Tabelle 19:	Art der Wärmeeigennutzung (Mehrfachnennung möglich):	61
Tabelle 20:	Arten der Wärmeabgabe (Mehrfachnennung möglich).....	61
Tabelle 21:	Wärmenutzung in den Landkreisen und kreisfreien Städten Thüringens.....	63

ZUSAMMENFASSENDE SCHLUSSFOLGERUNGEN

1. In Thüringen hat sich die Biogaserzeugung als wichtiger Betriebszweig in der Landwirtschaft in den letzten Jahren positiv bis zum Inkrafttreten des EEG 2014 - entwickelt. Der Zubau im EEG 2014 erfolgte nur in Form von 75 kW Güllekleinanlagen. In Thüringen ist der Einfluss der Biogasproduktion auf dem Agrarmarkt sehr gering. Es sind keinerlei Wirkungen auf den Pachtpreismarkt festzustellen, da Substrathandel in Thüringen die Ausnahme ist.
2. Thüringen verfügt zurzeit über 260 landwirtschaftliche Biogasanlagen mit einer installierten Leistung von 112,4 MW, 8 Abfall-BGA mit 10,4 MW installierter Leistung und 9 Biogaseinspeiseanlagen (BGEA) mit einer Äquivalentleistung bei 38 % Wirkungsgrad von 16,34 MW. Hieraus ergibt sich ein BGA-Besatz von 0,17 kW/h.
3. Bei einem mittleren Flächeneinsatz für die Biogaserzeugung von 7 % der LF sind bisher in Thüringen in keiner Region Grenzen aus landwirtschaftlicher Sicht für die Biogasproduktion erkennbar. Regionale Unterschiede in der Intensität der Errichtung von Biogasanlagen werden in Thüringen maßgeblich durch einzelne Großanlagen generiert. So ist in der Planungsregion Ost der Flächenbedarf mit absolut 9,5 % der LF für Biogas deutlich höher als z. B. in der Region Nord (4 %). Die höchste Maiseinsatzfläche (ca. 5,5 % der LF) befindet sich ebenfalls in der Planungsregion Ost.
4. Mit der Orientierung der Errichtung der landwirtschaftlichen Biogasanlagen am Standort der Tierhaltung wurde ein zukunftsweisender Weg begangen. Allerdings ist die Perspektive für die landwirtschaftlichen güllebetonten BGA im Ausschreibungs-EEG 2017 schlecht zu beurteilen. Die mit dem Wechsel ins EEG 2017 zu erfüllende Forderung nach Doppelter Überbauung und auf 150 Tage Aufenthaltszeit im gasdichten Raum stellt die Thüringer BGA vor große Herausforderungen dar.
5. Die Aufstellung der Biogasanlagen in den Thüringer Landwirtschaftsbetrieben führte auch dazu, dass kaum eine Weiterentwicklung der Anlagen durch Leistungserhöhung stattfand. In der Regel wurden in den Anlagen nur Ersatzinvestitionen vorgenommen.
6. Die geplanten Änderungen in der Düngeverordnung (Anrechnung der Gärprodukte auf die betriebliche Obergrenzen von 170 kg N, Veränderte Sperrzeiten, Reduzierte Herbstbegüllung ...) werden die in den Veredlungsregionen vorhandenen Probleme in der Nährstoffverwertung deutlich verstärken. In Regionen mit hohem Gülleanteil am Substratmix - wie in Mitteldeutschland – stellen die Forderungen der AwSV (9 Monate Lagerraum, keine Zulassung von Erdbecken) selbst bei geringem Tierbesatz eine erheblichen Belastungen der Landwirtschaftsbetriebe dar. Es bleibt zu hoffen, dass diese regionalen Besonderheiten bei der politischen Entscheidungsfindung ausreichend Beachtung finden. Im Einzelnen sind folgende Anpassungsreaktionen möglich:
 - a. Nicht gasdicht abgedeckte Feldrandlager vermindern die Kosten gegenüber gasdichten GPL an der BGA deutlich, sollten aber vorrangig bei Anlagen mit geringem Restgaspotential, d.h. langen Verweilzeiten zum Einsatz kommen. Allerdings ist die Genehmigungsfähigkeit in den einzelnen Bundesländern sehr unterschiedlich.
 - b. Der Austausch von Gülle durch NAWARO (Maissilage) vermindert zwar den Investitionsbedarf bei der Lagerung, stellt aber durch die steigenden Substratkos-

ten nur begrenzt eine Lösung dar. Hohe Substratpreise verstärken das Problem. Auch ist der Austausch von TS-armen Substraten (z. B. Zuckerrüben) durch CCM bzw. Getreide unter Beachtung der Substratkosten zu diskutieren. Eine Fest-Flüssigtrennung kann nur begrenzt eine Alternative besonders in Regionen mit Nährstoffüberschüssen darstellen. Hierdurch sind nur 5 bis 15 % Volumenreduzierung erreichbar.

- c. Für Landwirtschaftsbetriebe mit älteren BGA (geringer Restlaufzeit) könnte ein vorzeitiges Abschalten der BGA eine schmerzliche Möglichkeit zur Verlustminimierung sein. Neben dem Beitrag als Erneuerbare Energie zur Energiewende gehen von der Biogaserzeugung bereitgestellte Systemdienstleistungen für Umwelt und Landwirtschaft (z. B. Geruchsabbau, Stickstoff- Ammonifizierung, Vereinheitlichung der Düngerqualität, Hygenisierung, ...) dann schon vor Auslaufen des EEG verloren.
7. Der Wirtschaftsdüngeranfall durch die landwirtschaftliche Biogaserzeugung in Thüringen stieg von 5,6 auf 6,4 Mio. t/a. Der Gärprodukteanfall in Thüringen stammt zu fast 80 % aus Wirtschaftsdünger (3,2 Mio. t/a) und zu 20 % aus Feldfrüchten (0,8 Mio. t/a). Überschlägig stammen in Thüringen ca. 30 kg N/ha AF (brutto) aus Gärprodukten und ca. 19 kg N/ha AF (brutto) aus unvergorenen Wirtschaftsdüngern. Ein effizienter und umweltverträglicher Einsatz der Gärprodukte ist bei im Mittel 5,0 m³/ha bzw. der Wirtschaftsdünger insgesamt mit 8 t/ha LF somit prinzipiell überall möglich.
8. Die eingesetzten Substrate beeinflussen die Eigenschaften der Gärprodukte deutlich. So sind Gärprodukte aus BGA mit überwiegendem Gülleeinsatz (> 85 %) durch niedrigere TS-Gehalte (5 ... 6 %) im Vergleich zu Produkten aus Anlagen mit überwiegendem NAWARO-Einsatz ca. 10 % gekennzeichnet. Der Ammoniumanteil am Gesamtstickstoff ist bei BGA mit hohen Anteilen an Schweinegülle und/oder Trockenkot (> 80 % NH₄-N von N_t) deutlich höher als bei Anlagen mit hohen NAWARO - bzw. Rindergülleeinsatz (ca. 60 % NH₄-N vom N_t).
9. Wirtschaftlichkeitsreserven bestehen für die Thüringer Biogasanlagen in der Steigerung der Auslastung. Im Mittel von 2015 erreichten Thüringer Biogasanlagen nur 7230 Volllaststunden (82,5 % Auslastung). Dennoch erreicht ca. ¼ der BGA mehr als 8000 Volllaststunden.
10. Vom erfassten Wärmepotential der BGA (714,2 GWh/a) wurden 25,4 % (181,1 GWh/a) im eigenen Betrieb verwertet und 22,7 % (162,1 GWh/a) an Dritte abgegeben. Insgesamt ergibt sich somit eine Quote für die Wärmeverwertung von 48,1. Rechnet man noch die notwendige Prozessenergie (23,1 % des Potentials) hinzu, so ergibt sich eine beachtliche Quote der Wärmeverwertung von 71,2 %.
11. Bei der Eigenwärmenutzung dominiert die Beheizung der Ställe und der Betriebsgebäude, die durch Warmwasserbereitung und Tränkwasseraufheizung ergänzt wird. Beim Einsatz der Wärme für Trocknungsprozesse besteht das Haupteinsatzgebiet in der sinnvollen Getreide und Grüngutttrocknung. Holz- und Gärproduktttrocknung findet nur vereinzelt statt. Die Fremdwärmenutzung erfolgt vorrangig zu Beheizung von Wohnungen und öffentlichen Gebäuden, aber auch für industrielle Prozesse und als nicht spezifizierte Fernwärme.

1 Problem- und Zielstellung

Die weitere Entwicklung und Integration der Technologie zur Gewinnung von Biogas in die landwirtschaftliche Primärproduktion wurde maßgeblich durch die Rahmenbedingungen bestimmt. Die Energieknappheit nach dem 2. Weltkrieg führte zu ersten Biogasanlagen in der Landwirtschaft in Deutschland, die aber relativ schnell mit der Bereitstellung von kostengünstigeren Erdölprodukten wieder in Vergessenheit geriet. In der zweiten Biogaswelle nach der Ölkrise der 80er Jahre wurden in der BRD zwei- bis dreihundert kleine landwirtschaftliche Biogasanlagen errichtet. Auf dem Gebiet der ehemaligen DDR entstanden 8 Pilotanlagen, die zu einer Typenanlage für große Tierproduktionsanlagen führen sollten. Auch diese Entwicklung verebbte in der ehemaligen DDR Anfang der 90er Jahre mit der politischen Wende.

Die sich abzeichnenden Verteuerung und Verknappung fossiler Energieträger Ende der 90er Jahren führte zur Rückbesinnung auf die erneuerbare Energieerzeugung. Das Stromeinspeisegesetz 1994 und das EEG 2000 waren die ersten Meilensteine für die Entwicklung der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung und damit begann die „dritte Biogas-Welle“. So besitzt Deutschland 2016 fast 9000 Anlagen mit einer installierten Leistung von 4.166 MW. Bedingt durch die beginnende Flexibilisierung sind hiervon 3.728 MW arbeitsrelevant.

Während im EEG 2004 500 kW Anlagen die Vorzugslösung waren, stellen im EEG 2009 kleinere BGA möglichst mit Satelliten-BHKW die ökonomisch günstigste Variante dar. Das EEG 2012 bevorteilte durch die Änderungen im Vergütungssystem wieder etwas größere Anlagen. Das EEG 2014 brachte den BGA-Bau aufgrund einer drastischen Vergütungskürzung fast vollständig zum Erliegen.

Durch die zum Teil konträren Novellen des EEG entwickelte sich die landwirtschaftliche Biogaserzeugung unter ständig wechselnden Vorzeichen und Schwerpunkten in politisch festgelegte, oft sehr unterschiedliche Richtungen. Dennoch ist heute Biogas ein wichtiger Betriebszweig der Landwirtschaft. Die Anlagen liefern mit Grundlaststrom einen wesentlichen Beitrag für die Energiewende. BGA sind im Gegensatz zu den fluktuierenden erneuerbaren Quellen Wind und Photovoltaik potentiell auch geeignet Systemdienstleistungen im energetischen Bereich (Ausgleich des Unterschiedes zwischen Stromverbrauch und Erzeugung), im landwirtschaftlichen Bereich (Fruchtfolge, Düngewirkung, ...) und im Umweltbereich (CO₂-Reduktion, Geruchsverminderung und Hygienisierung) zu liefern.

Durch das EEG 2014 wurde diese positive Entwicklung abrupt abgebrochen und dem Anlagenneubau die ökonomischen Grundlagen entzogen. Durch die in den Folgejahren erfolgten rechtlichen und administrativen Maßnahmen erhöht sich der ökonomische Druck auf den Anlagenbestand deutlich, so dass ein Abschalten der ersten Anlagen in Thüringen schon deutlich vor Erreichung des Förderendes des EEG erfolgt. Ursachen für die vielfältigen Fehlentwicklungen wurden durch die Novellen

des EEG gelegt. Unklarheiten im Anlagenbegriff, fehlende zeitnahe Anpassungen wie z. B. bei der Definition von Landschaftspflegematerial, falsche Kriterien für effiziente Wärmenutzung und Überförderungen z. B. bei der Ausgestaltung des Güllebonus sind nur einige der relevanten politisch organisierten Verwerfungen. Zurzeit ist die Fehlanreizsetzung bei der Flexibilisierung - indem nicht flexibel Fahrweise sondern die potentielle Möglichkeit zur flexiblen Fahrweise gefördert wird - von Relevanz. Undefinierte Rechtslagen bei Wärmenutzung sowie fehlende Perspektiven für Anlagenerweiterung und Erneuerung bestehender Anlagen verkomplizieren die Situation deutlich. Investoren ziehen sich auch deshalb aus dem Bereich Biogas zurück und der Anlagenneubau ist fast zum vollständig Erliegen gekommen.

Das EEG 2017 ist ein „Ausschreibungs-EEG“, welches die mit dem EEG 2012 und 2014 begonnene Markteinführung der Biogasanlagen ab 1.1.2017 weiterführen soll. Allerdings ist bei einem Marktpreis von 2...3 ct/kWh und einer sich daraus ergebenden Marktprämie von 15 ... 20 ct/kWh ein Marktversagen vorprogrammiert. Mit einer Höchstgrenze von 14,88 ct/kWh für Neuanlagen ist es nicht zu erwarten, das Neuanlagen errichtet werden.

Durch Einbeziehung von Bestandsanlagen in das Ausschreibungsverfahren und dem Zugestehen einer zweiten Förderperiode von 10 Jahren wurde auf den politischen Druck der Länder durch die Bundesregierung reagiert. Die im Gesetz verankerte Höchstgrenze von 16,9 ct/kWh für Bestandsanlagen liegt deutlich über der Grenze für Neuanlagen. Dies ist eine rein politische Entscheidung, die fachlich jeglicher Begründung entbehrt. Allein für die 75 kW Gülleanlagen besteht noch ein geringer zeitlich aufgrund der Degression begrenzter, wirtschaftlicher Spielraum. Insgesamt ist einzuschätzen, dass wenn diese Entwicklung (politisch festgelegte Ausbaupfade von 150 / 200 MW/a) anhält, dann sinkt spätestens 2035 die Erzeugung von Strom aus Biomasse auf ca. 20 %b des derzeitigen Standes (Bild 1).

Ziel des vorliegenden Berichtes ist es, die Wirkung der rechtlichen, vergütungsseitigen und strukturellen Rahmenbedingungen auf die Entwicklung und Einführung der Biogastechnologie in Thüringen zu analysieren. In einer Region mit niedrigem Tierbesatz werden die Eigenschaften und Verwertungsbedingungen für Gärprodukte dargestellt und die Wärmeerzeugung und -verwertung in den Thüringer BGA dokumentiert.

Auf fachlicher Grundlage soll so ein Beitrag zur Versachlichung der politischen Diskussion zur Biomassenutzung geleistet werden. Entgegen der Begrenztheit der Flächen in den Veredlungsregionen bestehen in den Ackerbauregionen mit Maisanteilen um 10 % vielfältige Möglichkeiten für den Anbau von Substraten für die Biogas erzeugung in Verbindung mit einer verstärkten Nutzung von Wirtschaftsdüngern und Reststoffen. Am Beispiel von Thüringen zeigt sich deutlich, dass die Bedingungen einer großräumig strukturierten Landwirtschaft mit großen Einheiten der Tierhaltung zu deutlich andere Anpassungsreaktionen an die EEG-Novellen führen, als z. B. in Nord- oder Süddeutschland.

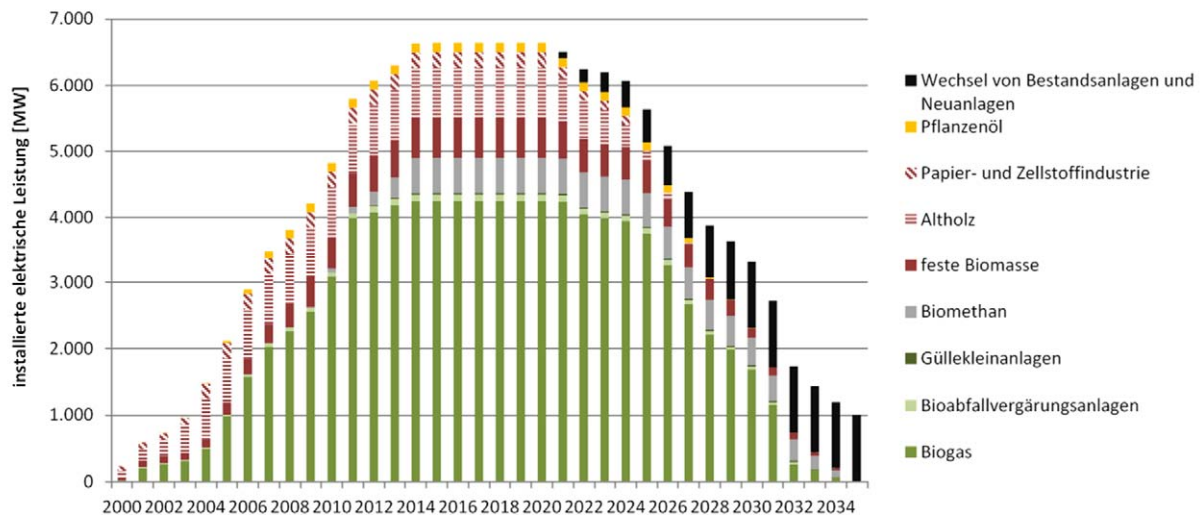


Abbildung 1: Abgeschätzte Entwicklung der installierten Leistung zur Stromerzeugung aus Biomasse (DBFZ 2016)

2 Stand der Biogaseinführung und des Substrateinsatzes in Thüringen

2.1 Integration der Biogaserzeugung in die deutsche Landwirtschaft

Die Entwicklung der Biogastechnologie wurde in den letzten Jahren neben den Förderbedingungen vorrangig durch agrarstrukturelle Fragen bestimmt. Unter Bedingungen einer großräumig strukturierten Landwirtschaft, wie sie in Mitteldeutschland typisch ist, entstanden Biogasanlagen mit fester Bindung an den Landwirtschaftsbetrieb sowohl als Betriebszweig als auch als rechtlich unabhängige Töchter der Agrarunternehmen. Dabei werden oft nur geringe Flächenanteile des Betriebes für die Substratproduktion eingesetzt. Ein Substrathandel findet kaum statt.

Die Entwicklung der Biogasanlagen in den Bundesländern zeigt ein sehr differenziertes Bild. Während im süddeutschen und im norddeutschen Raum eine hohe Biogasanlagendichte – ausgedrückt als kW/ha - zu finden ist, kann dagegen in Ländern wie Rheinland-Pfalz und Hessen nur eine geringe Biogasanlagendichte festgestellt werden. Neben der Anlagenanzahl ist auch eine deutliche Differenzierung in der mittleren Anlagengröße, die sich nicht direkt aus der Betriebsgröße ableiten lässt, entstanden.

Die Entwicklung der Biogasanlagen wird in den einzelnen Regionen deutlich durch den vorhandenen Tierbesatz, die Größe der Tierproduktionsanlagen und den möglichen Anbau auf den landwirtschaftlichen Flächen bestimmt. In Regionen mit dem deutlich überhöhten Tierbesatz von > 2 GV/ha besteht ein Nährstoffverwertungsproblem, so dass die Betreiber der BGA Wirtschaftsdünger in der Regel nur leicht ober-

halb der Fördergrenze für den Güllebonus von 30 % einsetzen. Somit führt ein hoher Tierbesatz nicht zu vermehrte Gülleeinsatz in den BGA. Verursacht von wirtschaftlich starken Betrieben in den Veredlungsregionen werden NAWARO dominierte BGA als Mittel für das Wachstum der Betreibe errichtet. Die Flächenkonkurrenz steigt. Somit wurde mit der Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen in den Veredlungsregionen ein Ungleichgewicht geschaffen, welches deutlich zum negativen Image der BGA beigetragen hat und letztlich auch zu politischen Reaktionen mit dem EEG 2014 und EEG 2017 führte (Abb. 2).

Unter den kleinstrukturierten Bedingungen Süddeutschlands erfolgte die Errichtung kleinerer BGA oftmals als Gemeinschaftsanlage mit Substratversorgung aus mehreren Betrieben bzw. dem Zukauf vom freien Markt. In der norddeutschen Biogasregion entstanden bedingt durch die gute wirtschaftliche Lage der Landwirte im Veredlungsbereich die Umsetzung der Wachstumsbestrebungen der Landwirte im Biogasbereich. So entwickelten sich in Norddeutschland deutlich größere Anlagen als in Mitteleuropa. Zunehmenden Probleme in der Substratversorgung sind die logische Folge. Die Konkurrenz zwischen Tierhaltung und Energieerzeugung und die Negativwirkungen auf den Pachtmarkt führten letztlich zum Umkippen der ehemals positiven Einstellung der Bevölkerung zur Biogaserzeugung. Noch extremer stellt sich die Situation bei Großanlagen zur Biomethaneinspeisung dar, sofern diese in Regionen mit hohem Tierbesatz stehen.

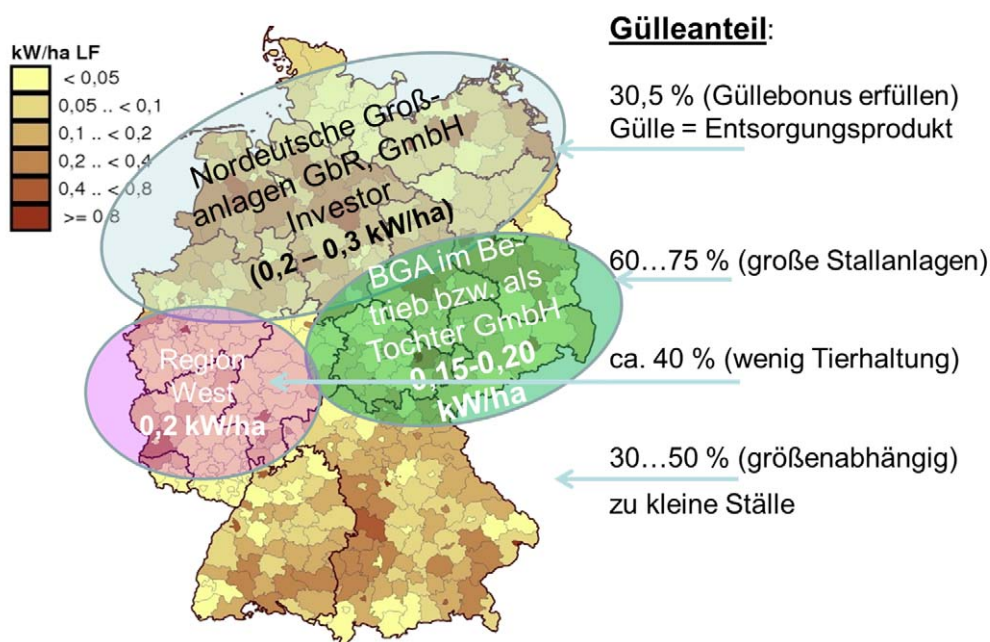


Abbildung 2: Strukturelle Unterschiede der Biogasanlagen in den Regionen

Deutliche Unterschiede zeigen sich zwischen den Bundesländern in der Nutzung der Wirtschaftsdünger, dem Einsatz von NAWARO und der Intensität der Biogaserzeugung ausgedrückt in kW/ha. In Norddeutschlands Veredlungsregionen ist Gülle ein Entsorgungsprodukt und wird dementsprechend oft nur bis zur Grenze der Erreichung des Güllebonus (30 %) eingesetzt. Dementsprechend erfolgt eine starke Nut-

zung von NAWARO's. Dies erhöht bei einen deutlich gesteigerten Intensität der Biogaserzeugung von ca. 0,3 kW/ha besonders in diesen Regionen mit hohem Tierbesatz den „Kampf um die Fläche“ und führt zu steigenden Verwerfungen auf dem Pachtmarkt.

Auch der Maisanbau steigt in diesen Regionen über das aus guter fachlicher Praxis tolerable Maß. Dem entgegen wird in Mitteldeutschland bei geringem Tierbesatz von deutlich unter 0,5 GV/ha bei großen Tierhaltungsanlagen die am Standort verfügbare Güllemenge eingesetzt und mit der Zuführung von NAWARO's die Sollleistung erreicht. Somit hat der Tierbesatz ausgedrückt in GV/ha keinen Einfluss auf den Gülleeinsatz in den BGA (Abb. 3).

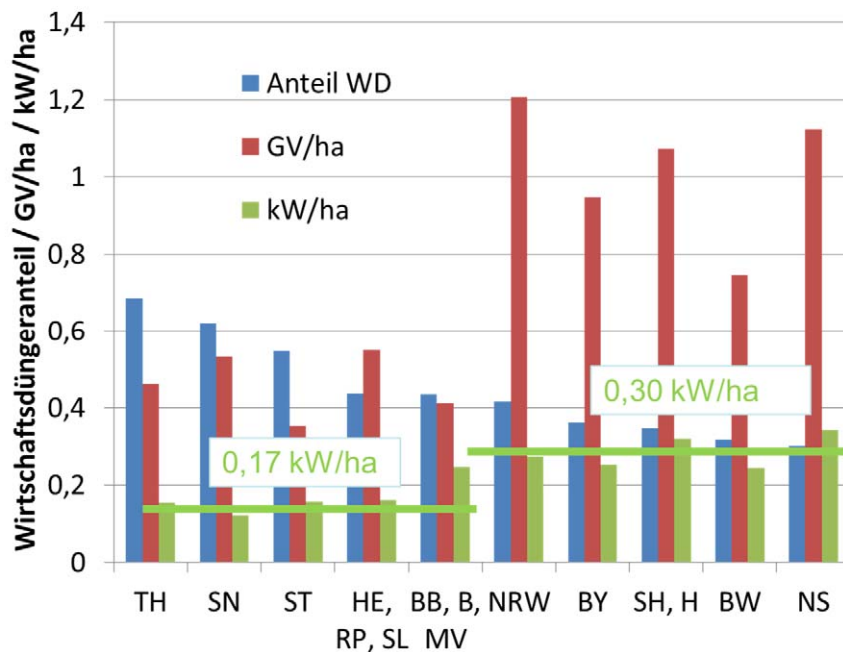


Abbildung 3: Wirtschaftsdüngereinsatz (Datenquelle: DBFZ), Tierbesatz und Besatz an BGA in den Bundesländern.

In Mitteldeutschland etablierte sich die Vergärung von Wirtschaftsdüngern, die mit nachwachsenden Rohstoffen (NAWARO) als Substrat ergänzt wurde. Gerade bei den vorherrschenden einen niedrigen Tierbesatz von 0,4 bis 0,5 GV/ha in Verbindung mit großen landwirtschaftlichen Stallanlagen hätten die gute Chancen die Systemdienstleistungen von Biogasanlagen für Energiewirtschaft, Landwirtschaft und Umwelt durch erweiteren Anlagenbau besser genutzt werden sollen. Durch die aktuellen Rahmenbedingungen (EEG 2017) ist ein weiterer Ausbau ökonomisch nicht realisierbar, Bestandsanlagen werden abgeschaltet und das vorhandene Wissen geht verloren. Wenn ab 2030 echte Flexibilität für die Energiewende gebraucht wird

werden kaum noch BGA da sein, die das leisten können, so dass wieder auf fossile Quellen zurückgegriffen werden muss.

2.2 Entwicklung des Anlagenbaus und der Anlagengrößen in Thüringen

Thüringen verfügt über 260 landwirtschaftliche Biogasanlagen mit einer installierten Leistung von 112,4 MW, 8 Abfall-BGA mit 10,4 MW installierter Leistung und 9 Biogaseinspeiseanlagen (BGEA) mit einer Äquivalentleistung bei 38 % Wirkungsgrad von 16,34 MW. Hieraus ergibt sich ein BGA-Besatz von 0,17 kW/ha. Unter den landwirtschaftlichen Anlagen sind 31 Satelliten BHKW-Anlagen und 2 BHKW in BGEA subsumiert. Der Zubau im EEG 2014 erfolgte nur in Form von 75 kW Güllekleinanlagen (Abb. 4).

Mehr als 90 % dieser Anlagen sind direkt in die Landwirtschaftsbetriebe integriert, so dass kein Substrathandel stattfindet. Effekte der Substratproduktion auf die Höhe der Pachtzinszahlungen sind in Thüringen nicht festzustellen. Seit 2000 wurden in Thüringen aufgrund vielfältiger Ursachen insgesamt 9 BGA mit einer Gesamtleistung von 2 MW außer Betrieb genommen.

Beachtet man den summarischen Anlagenzubau (Abb. 5) so könnte man eine stabile Entwicklung vermuten. Analysiert man dagegen den jährlichen Zubau, so zeigt sich eine deutliche Diskontinuität, die durch die EEG Stufen verursacht wurde (Abb. 6). Bis zum EEG 2009 erfolgte durch die unterschiedlichsten Vergütungs-Boni de facto ein Inflationsausgleich der mit der beginnenden Markteinführung von Biogas 2012 beendet wurde. Seit 2012 deutet sich immer deutlicher ein Marktversagen an.

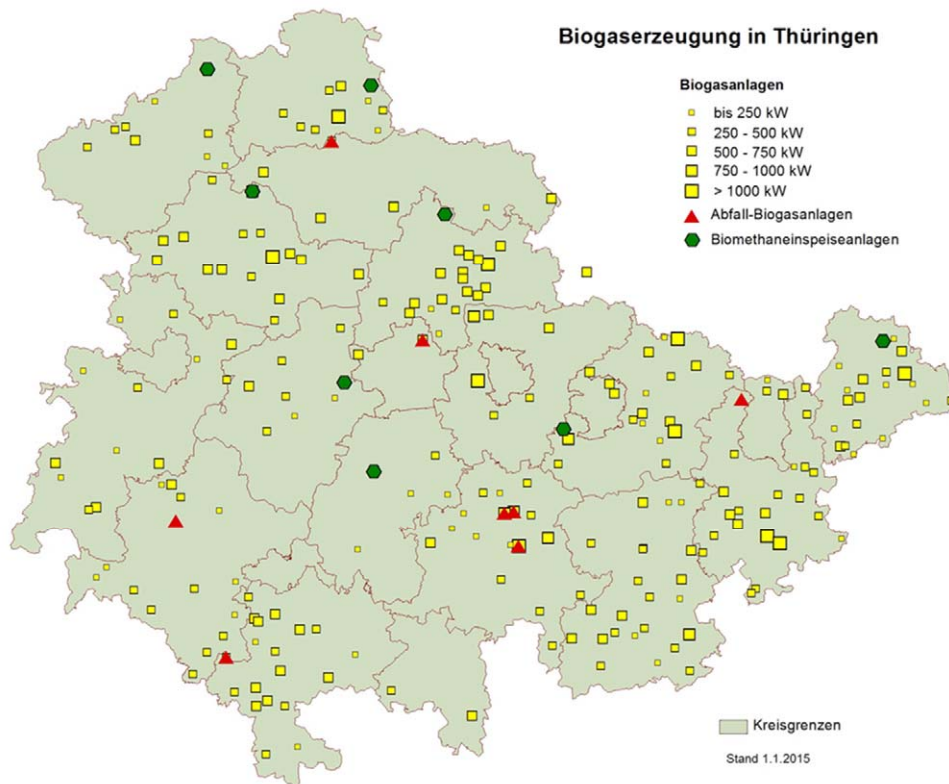


Abbildung 4: Räumliche Verteilung der BGA in Thüringen

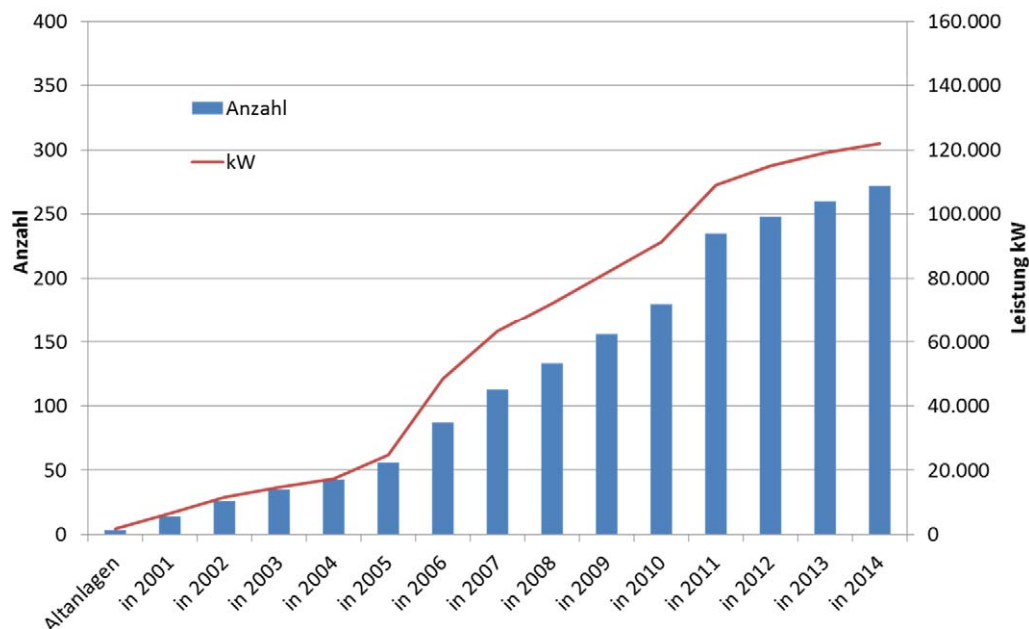


Abbildung 5: Entwicklung des Biogasanlagenbaus in Thüringen

Aufgrund der Struktur der Landwirtschaft erfolgte in Thüringen auch kaum die Errichtung von reinen NAWARO-Biogasanlagen ohne Wirtschaftsdünger- bzw. Reststoffeinsatz. Trockenvergärungsanlagen wurden nur sehr vereinzelt errichtet. Allerdings

sind auch keine reinen Gülleanlagen vorhanden, da die Betriebe anfallende Reststoffe, wie Siloabraum und Restfutter effizient mit einsetzen. Die Entwicklung der Anlagenanzahl, wie auch deren Größe, wurde deutlich durch das EEG dominiert (Tab. 1). Insgesamt wird die Entwicklung des Anlagenzubaus deutlich durch die Vergütungsbedingungen in den einzelnen EEG Stufen beeinflusst (Abb. 6).

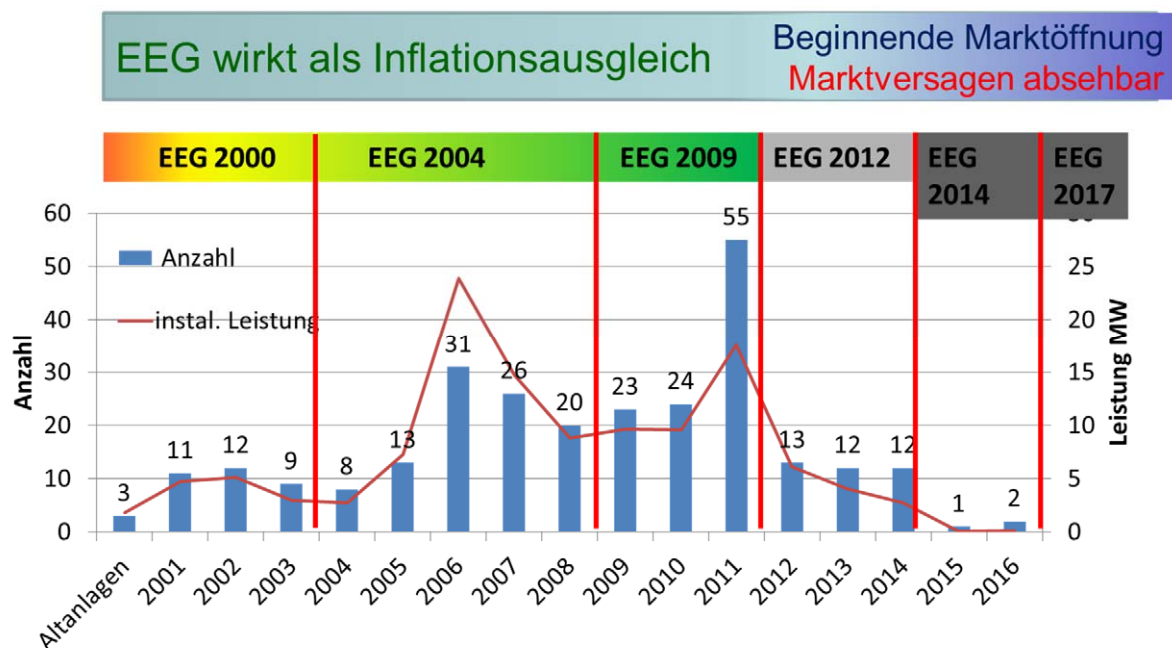


Abbildung 6: Jährlicher Zubau von BGA in Thüringen in den EEG Stufen

Tabelle 1: Biogasanlagenbestand in Thüringen

	Anzahl (incl. BGEA)	Installierte elektrische Leistung
Landwirtschaftliche BGA und BHKW in BGEA	260	112,416 MW _{el}
darunter: Satelliten BHKW-Anlagen	31	11,554 MW _{el}
darunter: BHKW-Leistung in BGEA	2	2,220 MW _{el}
Abfall BGA (Biomasse)	8	10,381 MW _{el}
BGEA (keine EEG Anlagen)	9	Äquivalentleistung (38 %)
Methaneinspeisekapazität	4300 m ³ /h	16,34 MW _{el}

Die Auslastung der Thüringer BGA hat sich seit 2011 von knapp 7000 Volllaststunden (VLh) /a auf 7230 Volllaststunden erhöht. Auch wenn das bei weitem noch nicht ausreichend ist so ist doch positiv, dass ca. ein Viertel der Anlagen über 8000 VLh/a erreichen (Abb. 7).

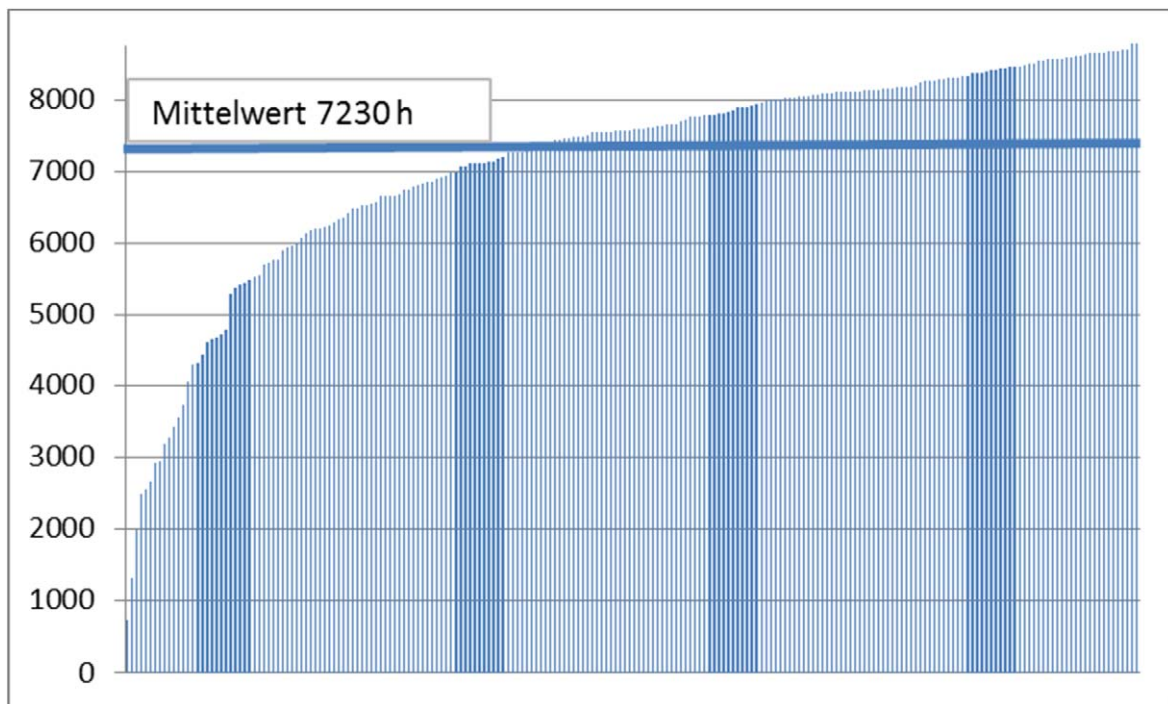


Abbildung 7: Erreichte Volllaststunden der Thüringer BGA in 2015

Die Höchstwerte im Ausschreibungs-EEG 2017 liegen über den Vergütungssätzen des EEG 2014, so dass eine gewisse Chance für die mögliche 10-jährige Verlängerung der Förderperiode für Bestandsanlagen besteht. Allerdings ist zu beachten, dass die Vorschläge der Länder Bayern, Thüringen und Rheinland-Pfalz zur Differenzierung hinsichtlich:

- Neubau und Bestandsanlagen,
- fester und gasförmiger Biomasse
- des Abfalleinsatzes und
- des Einflusses der Anlagengröße

nicht im Gesetzgebungsverfahren berücksichtigt wurden (Abb. 8; Tab. 2).

Aus heutiger Sicht sind damit Anlagen die feste Biomasse (Holz) und Abfallvergärungsanlagen eindeutig bevorteilt. Ursache hierfür ist, dass alle Anlagen einen einheitlichen Höchstwert haben und diese Anlagen insgesamt niedrigeren Kosten aufweisen. Auch werden größere Anlagen deutlich geringere Preise bei der Ausschreibung bieten können als kleiner in die Landwirtschaft inserierte Anlagen.

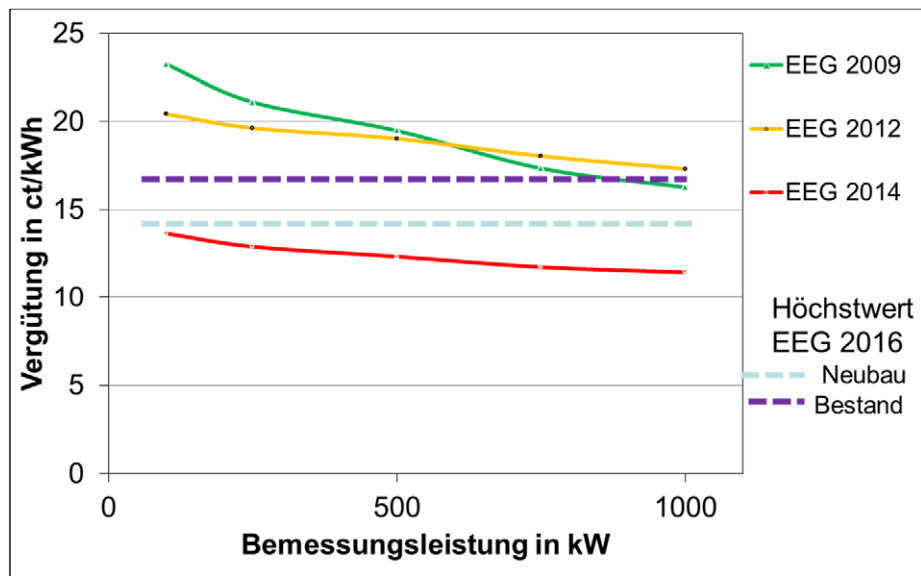


Abbildung 8: normierte Vergütung in den einzelnen EEG Stufen (ohne „kleine Gülleanlage“, ohne Technologie- u. Formaldehyd-Bonus; 35 % KWK; 25 % Prozesswärme; Fütterung: 50 % Mais, 30 % Rindergülle, 20 % GPS)

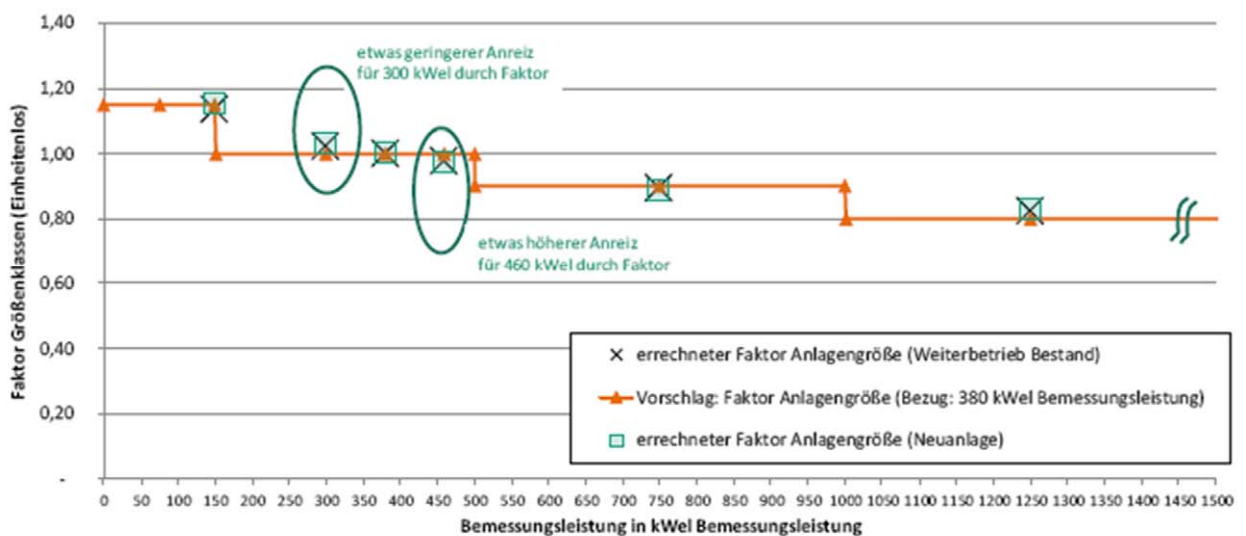


Abbildung 9: Vorschlag zur Differenzierung der Vergütung über die Biogasanlagen-größe (Quelle: Fraunhofer IWES)

Tabelle 2: Faktorenvorschlag für die Differenzierung der Anlagen im Ausschreibungs-EEG 2017

Bemessungsleistung	>150 kW	>500 kW	>1 MW	>5 MW	>20 MW
Faktor für:					
- Größe	1,15	1	0,9	0,8	0,7
- Neuanlage	1,15				
- Holz	0,7				
- Abfall	?				

Bedingt durch den nur sehr verhaltenen Anlagenzubau hat hinsichtlich der Anlagengrößen kaum eine Entwicklung stattgefunden (Tab. 3). Typisch ist für bei Anlagengrößen zwischen 300 und 600 kW. Im Mittel ist die Anlagengröße mit 456 kW deutlich kleiner als die im Norden Deutschlands vorherrschenden „Investor-Anlagen“. Auch zeigt sich, dass kaum eine Erweiterung der Anlagen erfolgte. Der Großteil der Anlagen wird noch heute mit der bei Errichtung vorhandenen installierten Leistung betrieben.

Tabelle 3: Größenklassenverteilung der BGA in Thüringen (ohne BHKW in BMEA)

		Anlagengrößenverteilung (Anzahl)				
	Summe	bis 75 kW	75-150 kW	150-500 kW	500-1000 kW	>1000 kW
Iw. BGA	258	7	11	142	90	8
Abfall-BGA	8			2	3	3
		mittlere Anlagengrößen (kW)				
	Mittel	-75 kW	75 -150 kW	150-500 kW	500-1000 kW	>1000 kW
Iw. BGA	456	70	123	310	603	1366
Abfall-BGA	1262			685	886	2022

Mit dem EEG 2014 und dem Ausschreibungs-EEG 2017 erhöht sich der Druck auf die BGA zur Direktvermarktung des Stromes. Allerdings wirkt neben der mittleren Anlagengröße auch stark der Gülleanteil auf die Bereitschaft zur Direktvermarktung. Der Gülleanteil am Substratmix ist auch in den südlichen Bundesländern stark abhängig von der Größe. In Mitteldeutschland dagegen ist bis 500 kW keine Abhängigkeit zwischen Anlagengröße und Gülleanteil festzustellen. Vielmehr ist hier die Integration des BGA in die Agrarbetriebe üblich. Eine Weiterentwicklung der BGA z. B. durch Zubau von Verstromungskapazität findet kaum statt, so ist es auch nicht verwunderlich, dass der Anteil der BGA in der Direktvermarktung in Mitteldeutschland gering ist (Tab. 4).

Tabelle 4: Anteil der BGA mit Direktvermarktung (DV) in den Bundesländern

	Anteil DV	Gülle-Anteil	Bemerkungen
Thüringen	48%	69	
Baden-Württemberg	51%	31	Kleine BGA
Sachsen	54%	62	
Bayern	59%	36	Kleine BGA
Hessen	59%	44	
NRW	59%	42	
Rheinland-Pfalz	63%	44	
Sachsen-Anhalt	69%	54	geteilt (Nord/Süd)
Niedersachsen	70%	30	
Schleswig-Holstein	73%	35	
Mecklenburg-Vorpommern	74%	43	Investoranlagen
Brandenburg	75%	44	
Deutschland	64%		

2.3 Substrateinsatz

Die Thüringer BGA sind wie fast alle in Mitteldeutschland existierenden BGA durch einen hohen Wirtschaftsdüngeranteil gekennzeichnet, da die Anlagen vorrangig am Standort der Tierhaltung errichtet wurden. Durch die Größe der vorhandenen Stallanlagen ergibt sich somit ein hoher Wirtschaftsdüngeranteil. Bezogen auf die Frischmasse beträgt der Wirtschaftsdüngeranteil am Substratmix in Thüringen mehr als 71,3 %. Von der anfallenden Rindergülle werden in Thüringen bereits über 87 %, von der Schweinegülle 43,5 % und vom Stallmist 37,8 % genutzt (Tab. 4). Im Bereich des Hühnerkotes ist Thüringen rechnerisch Importland. Insgesamt wird 116 % des Anfalls anaerob vergoren. Zu beachten ist allerdings, dass Basis für diese Schätzung die Landwirtschaftszählung 2010 darstellt. Änderungen in der Tierhaltung und der Aufstallungsform seit 2010 konnten somit nicht berücksichtigt werden. Auch der unterstellte TS-Gehalt birgt Unsicherheiten.

Bis 500 kW installierter Leistungen ist in Thüringen keine Abhängigkeit des Wirtschaftsdüngeranteils am Substratmix feststellbar. Da in der Regel immer der an der Stallanlage anfallende Wirtschaftsdünger verwertet wird. Somit ist in diesem Leistungsbereich kein Einfluss der Wirtschaftsdüngermenge auf die Substratkosten feststellbar (Abb. 10). Der hohe Wirtschaftsdüngeranteil am Substratmix senkt die Substratkosten nur gering, da die Gasbildung je t Gülle um ein vielfaches geringer ist als die aus einer t Maissilage. Bei normierten Substratkosten ist der Wirtschaftlichkeitsvorteil erst ab 80 % Wirtschaftsdüngeranteil deutlich erkennbar (Abb. 11).

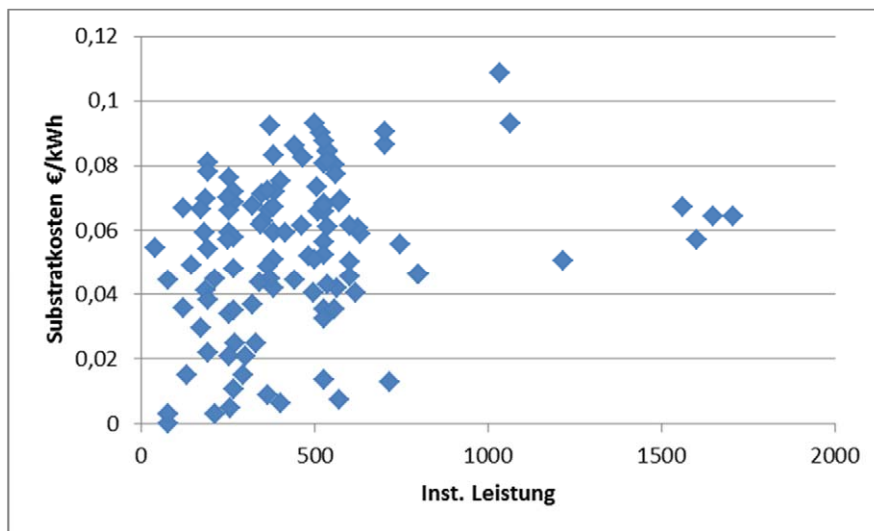


Abbildung 10: Substratkosten in Abhängigkeit von der Leistung der BGA

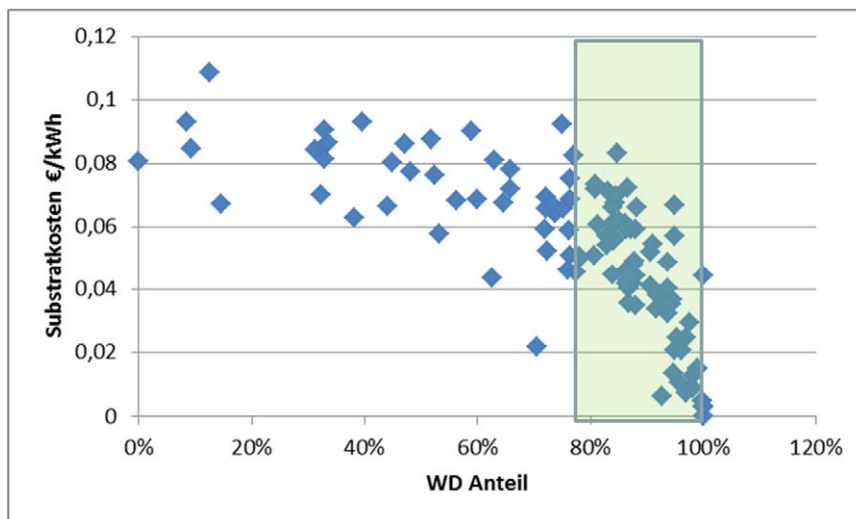


Abbildung 11: Substratkosten in Abhängigkeit vom Wirtschaftsdüngeranteil

Im Mittel beträgt der Einsatz von pflanzlichen Rohstoffen 28,7 % am Substratmix. Maissilage dominiert mit 20 % gefolgt von AWS mit 3 % und GPS mit 1 % (Tab. 5 und 6). Der Flächeneinsatz für die Biogasanlagen ist in Thüringen mit 53,7 Tsd. ha, d. h. ca. 7 % der LF vergleichsweise gering. Im Einzelnen folgt, dass bei den in der Tabelle dargestellten mittleren Erträgen auf knapp 28,0 Tsd. ha Mais, 8,6 Tsd. ha Anweilsilage, 9,6 Tsd. ha Getreidekorn und 5,8 Tsd. ha Ganzpflanzengetreide (GPG) Substrat für die BGA erzeugen wird.

Tabelle 5: Flächeneinsatz für die Biogaserzeugung

t/a	Mais	AWS	G	GPS	ZR, K, ..	Körner- mais	Summe
Ertrag t FM/ha	35	20	7	22	40	9	
ABG	3.392 ha	500 ha	759 ha	386 ha	78 ha	0 ha	5.116 ha
AP/WL	1.006 ha	196 ha	8 ha	152 ha	0 ha	0 ha	1.362 ha
EIC	818 ha	509 ha	81 ha	622 ha	0 ha	0 ha	2.030 ha
ERF	156 ha	0 ha	78 ha	0 ha	0 ha	0 ha	235 ha
G	453 ha	123 ha	112 ha	0 ha	0 ha	0 ha	689 ha
GRZ	2.378 ha	611 ha	1.197 ha	72 ha	68 ha	0 ha	4.327 ha
GTH	1.421 ha	227 ha	66 ha	249 ha	47 ha	0 ha	2.011 ha
HBN	1.096 ha	873 ha	745 ha	483 ha	9 ha	0 ha	3.206 ha
IK	214 ha	212 ha	240 ha	86 ha	0 ha	0 ha	752 ha
J	336 ha	105 ha	345 ha	98 ha	0 ha	0 ha	884 ha
KYF	2.082 ha	138 ha	580 ha	599 ha	0 ha	3 ha	3.403 ha
NHD	1.634 ha	64 ha	528 ha	198 ha	114 ha	0 ha	2.538 ha
SHK	3.042 ha	889 ha	596 ha	753 ha	20 ha	0 ha	5.300 ha
SLF	1.151 ha	283 ha	524 ha	95 ha	17 ha	0 ha	2.069 ha
SM	656 ha	453 ha	466 ha	83 ha	0 ha	0 ha	1.658 ha
SOK	1.144 ha	1.639 ha	1.675 ha	168 ha	5 ha	0 ha	4.630 ha
SÖM	3.456 ha	760 ha	885 ha	762 ha	587 ha	572 ha	7.022 ha
SON	88 ha	130 ha	120 ha	0 ha	0 ha	0 ha	338 ha
UH	2.621 ha	664 ha	380 ha	967 ha	96 ha	0 ha	4.729 ha
WAK	930 ha	215 ha	235 ha	43 ha	0 ha	0 ha	1.423 ha
TH	28.075 ha	8.593 ha	9.621 ha	5.815 ha	1.043 ha	575 ha	53.722 ha
Anteil an der LF	3,7%	1,0%	1,5%	0,6%	0,1%	0,1%	6,99%

Tabelle 6: Substrateinsatz in den Thüringer Landkreisen

t/d	Summe Substrat	RG	SG	HTK	StM	Jauche	Mais	AWS	G	GPS	ZR, K, ..	Rest-futter	Körner-mais
ABG	1.112	506	103	0	102	0	325	27	15	23	9	2	0
AP/WL	609	339	134	11	8	0	97	11	0	9	0	0	0
EIC	431	246	16	5	18	0	78	28	2	38	0	0	0
Erf	47	10	0	0	20	0	15	0	2	0	0	0	0
G	81	20	4	1	4	0	43	7	2	0	0	0	0
GRZ	1.316	742	167	40	68	0	228	33	23	4	8	2	0
GTH	664	367	74	16	37	0	136	12	1	15	5	0	0
HBN	1.038	610	86	13	132	0	105	48	14	29	1	0	0
IK	280	178	22	14	23	0	20	12	5	5	0	1	0
J	76	0	0	0	25	0	32	6	7	6	0	0	0
KYF	420	0	156	3	6	0	200	8	11	36	0	0	0
NDH	841	166	445	0	0	0	157	3	10	12	13	35	0
SHK	1.146	476	198	14	56	0	292	49	11	45	2	2	0
SLF	444	243	26	2	25	0	110	15	10	6	2	5	0
SM	864	515	54	1	174	10	63	25	9	5	0	8	0
SOK	1.575	1.091	128	10	93	0	110	90	32	10	1	11	0
SÖM	926	256	66	5	75	0	331	42	17	46	64	10	14
SON	273	211	0	0	44	0	8	7	2	0	0	0	0
UH	963	307	199	26	66	0	251	36	7	58	11	1	0
WAK	530	395	7	7	13	0	89	12	4	3	0	0	0
Summe t/d	13.634	6.678	1.886	168	990	10	2.692	471	185	350	114	76	14
Summe t/a	4.976.521	2.437.403	688.428	61.233	361.362	3.650	982.627	171.852	67.350	127.920	41.716	27.806	5.176
Anteile	100%	49%	14%	1%	7%	0%	20%	3%	1%	3%	1%	1%	0%

Die ermittelten Werte für den Einsatz von Getreide sind relativ hoch, bestätigen aber den langjährigen Trend. Ursachen hierfür sind neben Minder-Qualitäten, die sonst am Markt gestoßen werden müssten, vor allem das Bestreben durch eine gute Steuerung der Gaserzeugung die BHKW's gut auszulasten. Minderqualitäten und auch Feuchtgetreide kommen ebenso zur Steuerung und Regelung der Gasproduktion zum Einsatz und Erlösen in der BGA den gleichen Wert wie Marktware. Ein neuer Trend ist der Einsatz von Maisschrot, der von mehreren Betreibern in der Ackerebene forciert wird.

2.4 Regionale Unterschiede im Substrateinsatz

Auch innerhalb Thüringens ist eine deutliche Differenzierung des Substrateinsatzes in den einzelnen Landkreisen/Planungsregionen entstanden. Während in der Planungsregion Süd ein etwas erhöhter Flächenbedarf für den Einsatz von Anwelksilage – bedingt durch den höheren Grünlandanteil - zu erkennen ist, dominiert in den Regionen Mitte und Ost der Flächenbedarf für Silomais (Abb. 12 und 13). In der Region Nord wird deutlich mehr Fläche für den Silomais benötigt. Die Region Ost, die durch die Errichtung mehrerer Großanlagen charakterisiert ist, kennzeichnet ein Flächenverbrauch zur Substratbereitstellung, der fast doppelt so hoch wie in den anderen Regionen in Thüringen ist. Hier werden ca. 9,5 % der LF für Biogas eingesetzt, wogegen die Flächenanteile in den anderen Regionen zwischen 4 und 5 % liegen.

An Hand der aus der Fütterung der Biogasanlagen ermittelten mittleren benötigten Maisfläche ergibt sich, dass ca. ein Drittel der in Thüringen geernteten Silomaismenge in den landwirtschaftlichen Biogasanlagen zum Einsatz kommt. Der Anbauumfang des Silomais hat 2012 gerade einmal den Anbauumfang von Mitte der 90er Jahre erreicht. Ursache hierfür ist die deutliche Reduktion der Rinderbestände, die zum geringeren Bedarf von Silomais in der Fütterung führte.

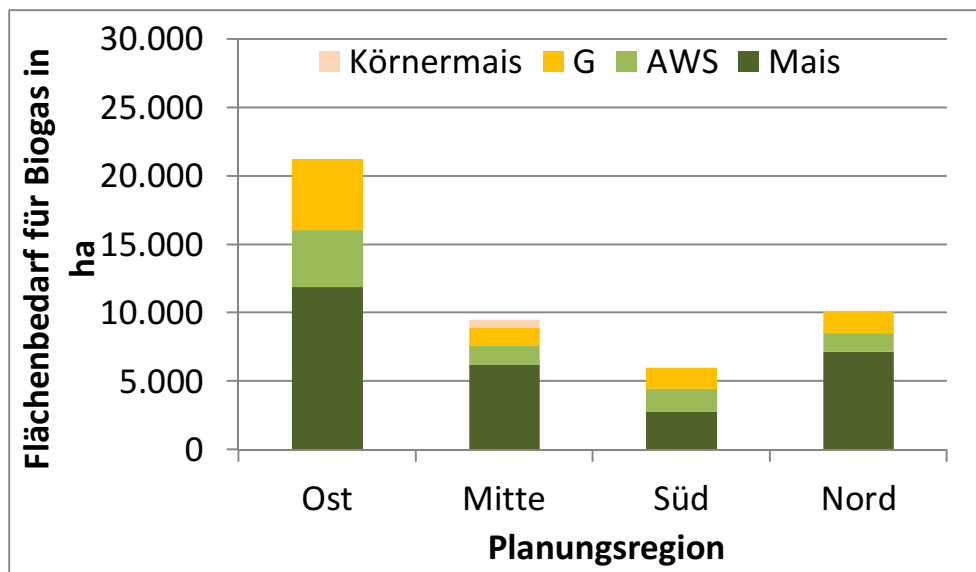


Abbildung 12: Inanspruchnahme von Fläche in ha in Thüringens (Stand 01.01.2016)

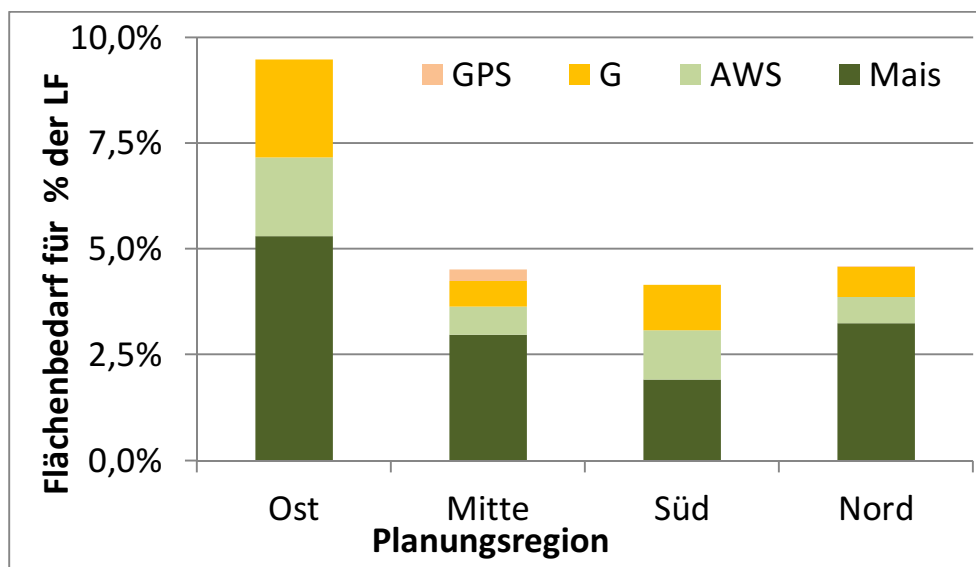


Abbildung 13: Anteil der Fläche für Biogasanlagen in % der LF in Thüringens (Stand 01.01.2016)

2.5 Gärprodukthanfall und Gärprodukteigenschaften

Mit der verstärkten Einführung der Biogaserzeugung in die Landwirtschaft und besonders mit dem Einsatz von Nachwachsenden Rohstoffen als Substratgrundlage für die landwirtschaftliche Biogaserzeugung fallen vermehrt Gärprodukte an, die es gilt wirtschaftlich zu verwerten. Der wichtigste und auch sinnvollste Verwertungsweg ist die direkte Rückführung der Nährstoffe in den landwirtschaftlichen Stoffkreislauf.

Im Gegensatz zu allen anderen Produkten der Landwirtschaft wird bei der Biogaserzeugung ausschließlich CH_4 und CO_2 genutzt, so dass alle Hauptnährstoffe im landwirtschaftlichen Stoffkreislauf verbleiben können. Im anaeroben Prozess werden vorrangig die leicht umsetzbaren Kohlenstoffanteile konvertiert. Die ringförmigen Kohlenwasserstoffe (z. B. Lignin) verbleiben als Grundlage für die Humusbildung im Gärprodukt. Somit liefert der anaerobe Prozess im Gegensatz zur Verbrennung von Biomasse gute Voraussetzungen für Erhalt und Stabilisierung der Bodenfruchtbarkeit. Die anaerobe Umsetzung im Biogas Fermenter ist vergleichbar mit der Stallmistrotte, nur dass die Energie nicht als Wärme und CO_2 in die Umwelt abgegeben wird, sondern Methan zur energetischen Nutzung zur Verfügung steht. Mit der Rückführung der Gärprodukte, die im Vergleich zu Roh-Gülle eine stabilisierte organische Substanz aufweisen, wird ein wesentlicher Beitrag zum Erhalt des Humusgehaltes im Boden geleistet.

Die Rückführung der Gärprodukte setzt sinnvollerweise einen entsprechenden Nährstoffbedarf voraus, da im Gärprodukt neben humuswirksamen Substanzen auch wichtige Pflanzennährstoffe enthalten sind. Neben Stickstoff ist hier auch der Phosphor von besonderem Interesse. Allerdings ist aber in den Veredlungsregionen oft schon vor der Errichtung der Biogasanlagen der Nährstoffbedarf (N-Verwertbarkeit) über die Tierhaltung abgedeckt worden, da die aus der Tierhaltung stammenden Wirtschaftsdünger zu verwerten sind. Im Bereich des Versorgungszustandes der Böden mit Phosphor liegt oft eine Überversorgung vor, so dass auf P-Düngung zum Teil verzichtet werden kann.

Bei der Standortwahl für Biogasanlagen (BGA) spielten bisher neben den Fragen der Energieverwertung (z. B. durch eine entsprechende Wärmesenke) die Flächenverfügbarkeit für die Substratproduktion und Gärproduktverwertung nur eine untergeordnete Rolle. Nachwachsende Rohstoffe in Form von Silage sind nach Entnahme aus dem Silostock nur begrenzt lagerstabil, was deren Transportwürdigkeit einschränkt. Somit ist die regionale Flächenverfügbarkeit einerseits wichtig für geringe Substratkosten und andererseits hinsichtlich der Fruchtfolge um Maismonokulturen zu vermeiden und die Biogaserzeugung sachgemäß in den landwirtschaftlichen Stoffkreislauf zu integrieren.

Die Beachtung des Flächenbedarfs für die Verwertung der Nährstoffe der Gärprodukte ist weiter eine wichtige Voraussetzung für die Standortwahl einer landwirtschaftlichen BGA, da auch Gärprodukte aufgrund des geringen Trockenmassegehaltes nur sehr begrenzt transportwürdig sind und weitergehende Aufbereitung hohe Kosten verursachen. Alle Versuche durch weitergehende Aufbereitung der Gärprodukte die Nährstoffe in transportwürdigere Formen zu verlagern oder diese aus dem landwirtschaftlichen Stoffkreislauf auszuschleusen, sind nur als „Reparaturen“ von Fehlern bei der Standortwahl der Anlagen anzusehen und verringern sowohl die Effizienz der Biogaserzeugung, als auch die der Nährstoffverwertung.

Werden die Faktoren Flächenverfügbarkeit für Substratproduktion und Gärproduktverwertung zu wenig beachtet, führt dies zu regionalen Problemen, wie Maismonokultur und geringe Nährstoffeffizienz. In Folge dessen ist ein zunehmender Akzeptanzverlust des Maisanbaus sowie der Biogastechnologie auf NAWARO-Basis insgesamt bei der Bevölkerung festzustellen. Über die Medien wird dieser dann auch aus den Veredlungsregionen in die klassischen Ackerbauregionen transportiert, wo diese Probleme nicht anzutreffen sind.

Insgesamt ist festzustellen, dass der Wirtschaftsdüngeranfall durch die landwirtschaftliche Biogaserzeugung in Thüringen von 5,6 auf 6,4 Mio. t/a stieg (Abb. 14). Der Gärprodukteanfall in Thüringen von 4,0 Mio. t/a stammt aufgrund der höheren Fugatfaktoren zu fast 80 % aus Wirtschaftsdünger (3,2 Mio. t/a) und zu 20 % aus Feldfrüchten (0,8 Mio. t/a). Überschlägig stammen in Thüringen ca. 30 kg N/ha AF (brutto) aus Gärprodukten und ca. 19 kg N/ha AF (brutto) aus unvergorenen Wirtschaftsdüngern. Ein effizienter und umweltverträglicher Einsatz der Gärprodukte ist bei im Mittel 5,0 m³/ha bzw. der Wirtschaftsdünger insgesamt mit 8 t/ha LF somit prinzipiell überall möglich.

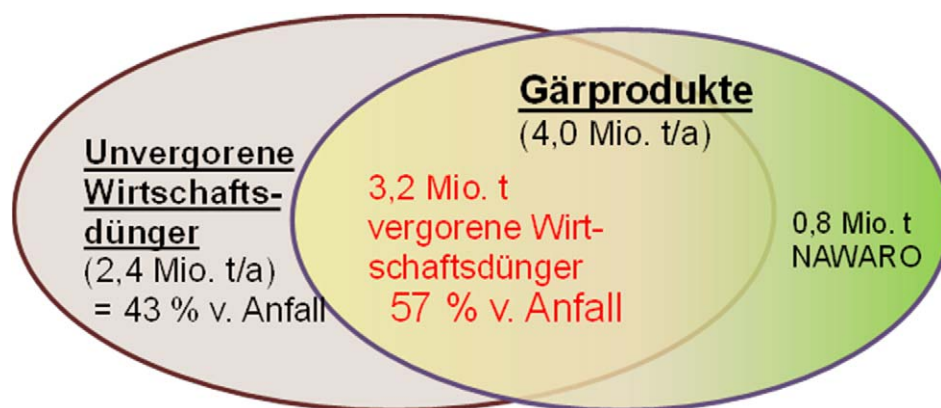


Abbildung 14: Zusammensetzung des Wirtschaftsdüngeranfalls in Thüringen

Analysiert man die Zusammensetzung der Gärprodukte, so werden 71,9 % durch Rinder- und Schweinegülleeinsatz verursacht (Tab. 7). Aus NAWARO's stammen nur knapp 20 % der Gärprodukte in Thüringen.

Tabelle 7: Substratquellen für den Gärproduktanfall in Thüringen

Substrat	Fugatfaktor	Gärproduktanfall t/a	Anteil %
RG	0,98	2.249.404	55,9%
SG	0,99	643.605	16,0%
HTK	0,9	45.400	1,1%
StM	0,8	266.030	6,6%
Jauche	1	3.650	0,1%
Mais	0,75	583.545	14,5%
AWS	0,75	106.955	2,7%
G	0,2	12.341	0,3%
GPS	0,75	57.222	1,4%
ZR, K, ...	0,8	32.260	0,8%
Restfutter	0,8	20.201	0,5%
Körnermais	0,2	1.035	0,0%
Summe		4.021.647	100%

Durch die mit der Novelle der Düngeverordnung geplante Anrechnung des Stickstoffs der Gärprodukte auf die betriebliche Obergrenze von 170 kg N werden die Probleme in der Nährstoffverwertung offengelegt. Eine Anrechnung der Nährstoffe der Gärprodukte auf die betrieblichen Obergrenzen wurde bereits 2006 von der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft gefordert. Die Umsetzung dieser Forderung hätte die Standortwahl so mancher Biogasanlage in ein anders Licht gerückt. Der Gesetzgeber verspielte die Chance der weiteren Erhöhung der Nährstoffüberschüsse in einzelnen Regionen wirksam entgegenzuwirken.

Analysiert man den Substrateinsatz in Deutschland und den somit entstehenden Gärproduktanfall in Deutschland ist ein Anstieg durch Biogas von 152 auf 192 Mio. t/a auf 126 % festzustellen. Der Nährstoffanfall liegt bei ca. 80 kg N und 16 kg P pro ha AF (Abb. 15). Während in Thüringen 57 % vom Wirtschaftsdüngeranfall vergoren werden sind es Deutschlandweit nur 26 %. Die mittlere Gabenhöhe ist damit mit 16 t/ha AF ca. doppelt so hoch wie in Thüringen. 43 % der Wirtschaftsdünger sind Gärprodukte.

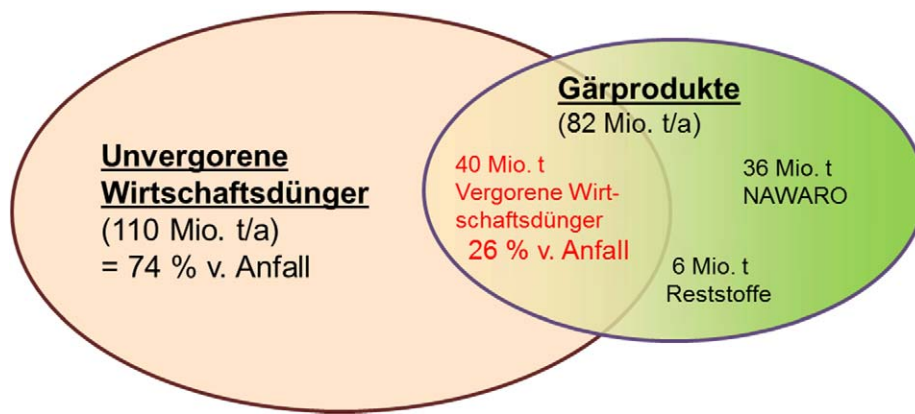


Abbildung 15: Zusammensetzung des Wirtschaftsdüngeranfalls in Deutschland

Nach FNR-Angaben wurden 2014 ca. 1.25 Mio. ha NAWARO für die Substratproduktion angebaut. Bei einem unterstellten Ertrag von 40 t/ha, 10 % Silierverlusten und einem Fugatfaktor - der den Masseerhalt bei der Biogaserzeugung beschreibt - von 0,8 folgt aus den eingesetzten nachwachsenden Rohstoffen ein Gärprodukthanfall von ca. 36 Mio. t/a. Reststoffe, die 8,1 % der Substrate in den Biogasanlagen ausmachen, führen zu einem Anfall von ca. 6 Mio. t/a Gärprodukt.

In Deutschland fallen ca. 152,2 Mio. t Wirtschaftsdünger an. Davon sind 110,8 Mio. t Gülle, 9,6 Mio. t Jauche und 31,8 Mio. t Stallmist. Nachwachsende Rohstoffe und Abfälle machen ca. 56 % der Biogassubstrate aus, woraus folgt, dass 44 % des Substrates Wirtschaftsdünger sind [3], was einen Gärprodukthanfall aus dem Wirtschaftsdüngereinsatz von ca. 35 Mio. t/a entspricht. Damit werden in Deutschland nur knapp 23 % der Wirtschaftsdünger über Biogas energetisch genutzt.

Der Gesamtanfall an Gärprodukten beträgt in Deutschland somit rund 76 Mio. t/a, die ca. zur Hälfte aus den eingesetzten NAWARO stammen.

Durch die Mitvergärung von NAWARO und Reststoffen hat sich der Gesamtanfall von Wirtschaftsdünger und Gärprodukten mengenmäßig auf über 190 Mio. t/a erhöht. Geht man davon aus, dass Gärprodukte ähnliche Nährstoffgehalte wie flüssige Wirtschaftsdünger aufweisen, so hat sich in den letzten 10 Jahren die Nährstoffmenge, die es sinnvoll mit hoher Effizienz zu verwerten gilt, um 25 % erhöht.

Die Bedeutung der Gärprodukte zeigt sich auch daran, dass in Deutschland heute bereits 44 % der zu applizierenden organischen Dünger Gärprodukte sind. Diese weisen aufgrund der Ammonifizierung von organisch gebundenem Stickstoff eine besser kalkulierbare Düngewirkung und eine deutlich reduzierte Geruchsbelastung auf. In Bundesländern mit hohen Wirtschaftsdüngeranteilen am Substratmix wie z. B. Thüringen, sind es bereits 66 % der Wirtschaftsdünger Gärprodukte. Der Anstieg der Nährstoffmenge beträgt aufgrund der verstärkten Güllenutzung allerdings nur 16 %.

Die Eigenschaften von Gärprodukten werden in Thüringen im Rahmen Monitorings Biogasanlagen seit 2004 regelmäßig ermittelt. Durch Gruppierung der Ergebnisse die

aus BGA mit > 85 % Rindergülleinsatz, > 85 % Schweinegülleinsatz, > 40 % Trockenkot- und Schweinegülleinsatz bzw. > 70 % NAWARO-Einsatz aufwiesen, lassen sich Rückschlüsse auf den Einfluss des Substratmixes auf die Gärprodukteigenschaften ziehen.

In Auswertung der Ergebnisse zeigt sich eine hohe Variabilität der Gärprodukteigenschaften. Die eingesetzten Substrate beeinflussen die Eigenschaften der Gärprodukte deutlich. So sind Gärprodukte aus BGA mit überwiegendem Gülleinsatz (> 85 %) durch niedrigere TS-Gehalte (5 ... 6 %) im Vergleich zu Produkten aus Anlagen mit überwiegendem NAWARO-Einsatz (> 75 %) gekennzeichnet (Tab. 8). Deren TS-Gehalt liegt im Mittel bei ca. 10 %. Der Ammoniumanteil am Gesamtstickstoff, d. h. die Mineralisierung von organisch gebundenem Stickstoff ist bei BGA mit hohen Anteilen an Schweinegülle und/oder Trockenkot (> 80 % NH₄-N von N_t) deutlich höher als bei Anlagen mit hohen NAWARO - bzw. Rindergülleinsatz (ca. 60 % NH₄-N vom N_t). Ursache hierfür kann der höhere NH₄-N-Gehalt im Ausgangssubstrat Schweinegülle sein.

Tabelle 8: Eigenschaften von Gärprodukten bei unterschiedlicher Fütterung der BGA (RG = Rindergülle, SG = Schweinegülle, TK = Trockenkot, NAWARO = Nachwachsende Rohstoffe)

		RG	SG	TK-SG	NAWARO
Substrateinsatz:		> 85 % RG	> 85 % SG	> 70 % TK+SG	> 70 % NAWARO
TM	%	6,04	4,36	4,16	10,02
oTS	% d. TM	72	69	67	76
N _t	% der FM	0,41	0,51	0,50	0,60
NH ₄ -N	% d N _t	64	83	81	58
C/N		6,11	3,32	3,32	6,72
S	mg/kg TM	8.282	8.360	7.515	4.650
P	% d. TM	0,48	0,40	0,34	0,96
K	% d. TM	1,89	1,15	1,31	5,27

In Feldversuchen hat sich eine gute Korrelation zwischen dem Anteil des NH₄-N am N_t und dem Mineraldüngeräquivalent herausgestellt. Je höher dieser Anteil ist je effizienter ist somit das Gärprodukt als Dünger und je mehr ist eine echte Substitution von Mineraldünger möglich. Bei der Bemessung der N-Düngung sollten die Wirtschaftsdünger einen Anteil 60 bis 70 % am Gesamtbedarf nicht überschreiten um entsprechend Witterungs- und Wachstumsverlauf mineralisch nachsteuern zu können. Weiter ist bei Düngung mit Gärprodukten zu beachten, dass der hohe Ammoniumstickstoffgehalt potentiell zu Verlusten führen kann. Der Einsatzes von emissionsarmer Applikationstechnik und eine unverzügliche Einarbeitung sind somit zwingend erforderlich.

In Auswertung des Thüringer Monitorings Biogas, in welchem in 171 BGA sowohl die Ausgangssubstrate vor der Biogasanlage, als auch die Gärprodukte am Ablauf des letzten gasdicht abgedeckten Behälters untersucht wurden, ergab sich im Biogasprozess ein Stickstoffverlust in der Größenordnung von ca. 10 %. Aus dem Lösungsgleichgewicht von Ammonium und Ammoniak ist bei 40 °C und pH-Werten um 8 zu erwarten, dass ca. 10 % des gelösten Stickstoffs als Ammoniak vorliegen. Es ist somit denkbar, dass Ammoniak im Fermenter oder dem gasdichten Gärproduktelager in die Gasphase übergegangen ist.

Der Wert der Gärprodukte leitet sich aus dem Nährstoffgehalt unter Beachtung des Mineraldüngeräquivalents für Stickstoff ab und wird vom Substrateinsatz bedingt. Im Mittel haben Gärprodukte von wirtschaftsdüngerdominierten Anlagen einen Wert von ca. 6 €/t, der auf ca. 8 - 10 €/t bei hohem NAWARO-Einsatz steigt (Tab. 9). Gärprodukte besitzen bei 60 % N-Mineraldüngeräquivalent damit einen ähnlichen Wert wie die Wirtschaftsdünger vor der Vergärung:

- Rindergülle (9,1 % TS) 6,15 €/t
- Schweinegülle (5,4 % TS) 5,66 €/t
- Stallmist (25 % TS) 10,68 €/t.

Tabelle 9: Nährstoffwerte von Gärprodukten bei unterschiedlicher Fütterung der BGA

		RG	SG	TK-SG	NAWARO
Substrateinsatz:		> 85 % RG	> 85 % SG	> 70 % TK+SG	> 70 % NAWARO
N (0,85 €/kg)	€/t FM	3,48	4,34	4,25	5,06
N bei 60 % MDÄ	€/t FM	2,09	2,06	2,55	3,03
P (1,40 €/kg)	€/t FM	1,07	1,21	1,05	1,28
K (0,70 €/kg)	€/t FM	2,13	1,77	2,11	3,44
Mg (1,40 €/kg)	€/t FM	0,42	0,38	0,30	0,44
Ca (1,40 €/kg)	€/t FM	0,08	0,05	0,06	0,09
S (1,40 €/kg)	€/t FM	0,17	0,11	0,13	0,16
Summe: (bei 60 % MDÄ)	€/t FM	5,97	6,13	6,21	8,46

Vom Nährstoffwert sind die Transport- und Applikationskosten (3...5 €/t bei regionaler Verwertung) abzuziehen, so dass ein Mehrwert erwirtschaftet werden kann. Prinzipiell sollte der Verursacher der Gärprodukte alle Kosten der Lagerung sowie der Applikation tragen und der Pflanzenbauer als Nutzer der Gärprodukte die wirksamen Nährstoffe vergüten, da diese nicht in Form von Mineraldünger zuzukaufen und zu applizieren sind.

Bei der Bewertung der Gärprodukte sind folgende Faktoren zu beachten:

- Vereinheitlichung der Wirtschaftsdüngerqualität im Betrieb (bessere Planbarkeit der Einsatzmenge)
- Verringerung der bei der Stallmistrotte auftretenden N-Verluste
- verbesserte N-Wirkung durch reduzierten TS-Gehalt (schnellere Infiltration) und erhöhte $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteile
- deutliche Geruchsverminderung und Hygienisierung
- Steigerung des Wirtschaftsdüngeranfalls (positiv in Ackerbauregionen).

Auch ist zu beachten, dass die Errichtung von BGA im gesamten Betrieb Veränderungen bewirken. So führt der Substratanbau in Ackerbauregionen zur Auflockerung der engen Getreidefruchtfolgen und zur Reduzierung des (Stoppel-)Weizenanbaus. In den Veredlungsregionen mit bereits hohem Maisanteil wird dagegen negativ in die Fruchtfolgen eingegriffen.

Da durch die Biogaserzeugung lediglich CH_4 und CO_2 aus dem Substrat entnommen werden, besteht auch eine Wirkungen hinsichtlich des Nährstoffkreislaufs im Betrieb (Abbildung 16 und 17). In Ackerbauregionen verdrängt der Mais den „Stoppel“-Weizen Anbau. In der Bilanz verbleibt im Vergleich des Getreideschlages zum Mais-schlag bei unterstellten N-Verlusten von 40 % somit ca. 100 kg Stickstoff im internen betrieblichen Kreislauf. Weiter findet mit dem Produkt Biogas kein Export von Phosphor statt, so dass der gesamte Phosphor im Betrieb verbleibt.



Abbildung 16: Stickstoffkreislauf beim Anbau von Mais für die BGA statt Getreide



Abbildung 17: Phosphorkreislauf beim Anbau von Mais für die BGA statt Getreide

Eine Wertminderung durch die Verringerung des C-Gehaltes im Wirtschaftsdünger (Abbau der Trockensubstanz) ist bei der Bewertung der Gärprodukte auf betrieblicher Ebene nicht angeraten, da ausgehend vom VDLUFA Standpunkt „Humusbilanzierung“ eine Stabilisierung des Kohlenstoffes erfolgt. Werden in einer Regressionsanalyse die Werte für Wirtschaftsdünger und Gärprodukte getrennt verrechnet so folgt, dass je Tonne aufgebracht Trockensubstanz bei Wirtschaftsdünger ca. 90 kg Humus-C und bei Gärprodukten ca. 140 kg Humus-C im Boden verbleiben. Weiter ist zu beachten, dass mit den vergorenen NAWARO zusätzlich Kohlenstoff dem Boden zugeführt wird.

Inwieweit sich der Nährstoffwert realisieren lässt, hängt maßgeblich von der Nährstoffversorgung der Böden und damit direkt vom Tierbesatz (GV/ha) zuzüglich dem Besatz an BGA, der sich auch in Analogie zum Tierbesatz als kW Bemessungsleistung pro ha darstellen lässt, ab. Hinsichtlich des Nährstoffanfalls im Gärprodukt kann überschlägig davon ausgegangen werden, dass eine kW Bemessungsleistung des NAWARO-Anteils einer GV entspricht. Die Addition von GV/ha und kW/ha bezeichnet man als Veredlungsbesatz und hat damit ein Maß zur Einschätzung der Verwertungsmöglichkeiten der Nährstoffe. Somit sind Großvieheinheiten und Biogasanlagen gleichrangig zu bewerten (Abb. 18).

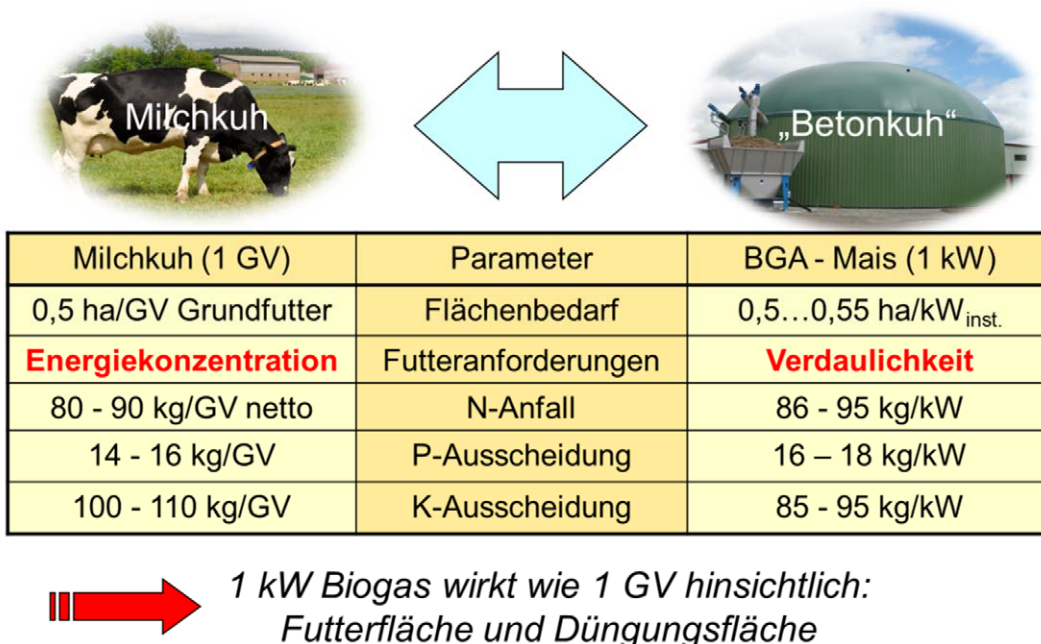


Abbildung 18: Vergleich von Milch- und „Betonkuh“

Daneben stellt der Veredlungsbesatz auch eine gute Kennzahl für agrarstrukturelle Planungen dar. Im Rahmen der Novellierung der Düngeverordnung ließe sich dieser auch zur Regionalisierung, indem z. B. die Anforderungen an die Lagerkapazität vom Veredlungsbesatz im Landkreis abhängig gemacht werden.

In Thüringen ist ein Veredlungsbesatz von 0,65 (GV+kW)/ha (0,47 GV/ha und 0,17 kW/ha) festzustellen. Damit bestehen gute Voraussetzungen zur Realisierung des Wertes der Gärprodukte über die Düngung. In den Veredlungsregionen dagegen kann der Einsatz von NAWARO in BGA zu Nährstoffüberschüssen führen. Durch die notwendige Verbringung der Gärprodukte in andere Regionen fallen Transport- bzw. Entsorgungskosten an, die deutlich über dem Wert der Gärprodukte liegen. Eine Aufbereitung der Gärprodukte, die von den Stufen der Feststoffabtrennung über die Trocknung mit Überschusswärme der BGA bis zur Totalaufbereitung zu Dünger erfolgen kann, stellt nur sehr begrenzt eine Lösung für regional zu hohen Veredlungsbesatz (GV+kW/ha) dar, da diese hohe Zusatzkosten verursacht, die durch den Dungwert bzw. den Nährstoffverkauf in der Regel nicht gedeckt werden.

2.6 Abschätzung der Wirkung der Novellen der DüV und der AwSV

Die Düngeverordnung (DVO) und die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) befinden sich in der Novellierung. Auch wenn der Gesetzes- bzw. Verordnungstext noch nicht endgültig verabschiedet ist, so sind doch die Auswirkungen auf die Biogasbranche nach heutigem Kenntnisstand gravierend.

Auch wenn in Thüringen ausreichend Ausbringungsfläche für Gärprodukte vorhanden ist, so führen die Veränderung in den Sperrzeiten und besonders die Mengenbegrenzung zu erheblichen Anforderungen. Erstens reduziert sich, wie eine Studie des Sächsischen Landesamts für Landwirtschaft belegt, die begüllbare Fläche auf 50 % und zweitens reduziert die in Diskussion befindliche Mengenbegrenzung auf 60 kg N die Menge auf 50 %. Somit ist zu erwarten, dass nur noch 25 % der derzeitigen Gabe im Herbst ausbringbar ist. Beachtet man das bei Gärprodukten die Ammoniumgrenze von 30 kg NH₄-N wirksam wird, so ergeben sich diätische Gaben von 7...10 m³/ha, die von der heute verfügbaren Technik nicht applizierbar sind (Tab.10).

Tabelle 10: Gabenhöhen der einzelnen Gärprodukttypen nach Novelle der DüV

Hauptsubstrat:		RG	SG	TK-SG	NaWaRo
		> 85 % RG	>85 % SG	> 70 % TK+SG	> 70 % NaWaRo
TM	%	6,04	4,36	4,16	10,02
N _t	% der FM	0,41	0,51	0,50	0,60
NH ₄ -N	% d N _t	64	83	81	58
Gabenhöhe bei max. 30 kg NH₄-N/ha					
Gabe	m ³ /ha	11,4	7,1	7,4	8,6
Gabenhöhe bei max. 60 kg N/ha					
Gabe	m ³ /ha	14,6	11,8	12,0	10,0

Daraus schlussfolgernd ist zu erwarten, dass die Gärproduktlager am 1. November noch Restfüllmengen von 20 ...40 % aufweisen. Die vorhandenen 6 Monate Lagerraum sind dann bereits Ende Februar gefüllt und sofern keine Ausbringeflächen verfügbar sind (z. B. Grünland) so ist allein aus der Einschränkung der Herbstbegüllung eine Erweiterung des Lagerraumes auf 9 Monate angeraten.

Exemplarisch wird dies in der Abbildung 19 anhand eines Ausbringe-Kalenders für ein feuchtes Frühjahr dargestellt. Die derzeit noch oft durchgeführte Herbstbegüllung (rot eingekreiste Fläche) ist ins Frühjahr zu verlagern.

Dies erfordert - besonders in vieharmen Regionen zu denen Thüringen zählt – die maximale Nutzung der Möglichkeiten zur Begüllung des Getreides im Frühjahr und ggf. das in Kauf nehmen von feuchtigkeitsbedingten Strukturmängeln.

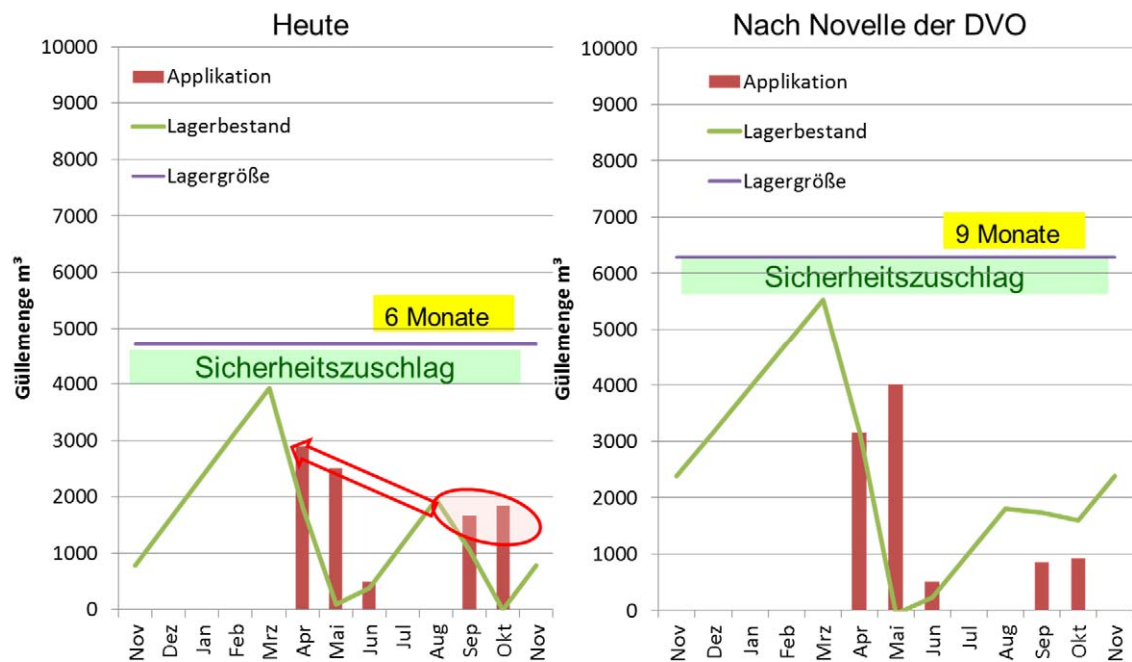


Abbildung 19: Ausbringe-Kalender zur Ermittlung des Lagerraumbedarfs für Heute und nach Inkrafttreten der Novelle der DüV

Zurzeit gibt es keine direkten Forderungen an die Lagerdauer von Gärprodukten, da diese rechtlich noch nicht als Wirtschaftsdünger eingestuft sind. Dennoch ist auch aufgrund des Wirtschaftsdüngeranteils eine Mindestlagerkapazität von 6 Monaten üblich. Mit der anstehenden Novelle der Düngeverordnung (DVO) sollen nun auch pflanzliche Gärprodukte als Wirtschaftsdünger eingestuft werden. Weiter führen verlängerte Sperrzeiten und die vorgesehene deutliche Einschränkung der Herbstbegülgung zu erhöhtem Lagerraumbedarf und Mehrbedarf an Applikationstechnik, auch wenn zurzeit im Entwurf der DVO „nur“ 6 Monate stehen.

Mit der Novelle der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) wird beabsichtigt, eine Mindestlagerdauer für Gärprodukte von 9 Monaten, unabhängig von der Flächenverfügbarkeit bzw. dem Nährstoffdruck in der Region festzulegen. Diese ist dann innerhalb einer Übergangszeit (z. B. von 5 Jahren) von den BGA-Betreibern zu realisieren. Damit entsteht ein Ungleichgewicht zwischen der Forderung der DVO nach 6 Monaten Lagerdauer für Wirtschaftsdünger, die ja dann auch die Gärprodukte einschließen und 9 Monaten für vergorene Gülle in der AwSV.

Gravierend ist auch die Forderung, dass Erdbecken für die Lagerung von Gärprodukten aus dem Betrieb von Biogasanlagen nicht mehr zulässig sein sollen. Das könnte schätzungsweise ein Viertel der vorhandenen Lagerkapazität in Thüringen/Mitteldeutschland betreffen.

Die weiterhin angedachten Forderungen der AwSV, wie Errichtung einer Umwallung für die BGA mit dem Fassungsvermögen des größten Behälters und regelmäßige Dichtheitsprüfung (z. B. alle 5 Jahre Behälter entleeren und inspizieren), belasten die Rentabilität der BGA erheblich. Die Umsetzung der Forderung eines nachträglichen Einbaus von Leckageüberwachungs- und Verhinderungssystemen für Bestandsanlagen ist nur schwer vorstellbar.

Im Folgenden werden die ökonomischen Auswirkungen der Forderung nach 9 Monaten Lagerungskapazität für unterschiedliche Anlagenkonzepte und –größen abzuschätzen. Dabei wird auf folgende mögliche Anpassungsreaktionen eingegangen:

- Bau von Lagerraum
- Gasdicht am Standort der BGA
- Nicht gasdicht abgedecktes Feldrandlager
- Verringerung Gülleeinsatzes ohne Leistungsausgleich (in Verbindung mit der Direktvermarktung) und Flexibilisierung mit Leistungsausgleich durch verstärkten Maissilageeinsatz
- Gärproduktaufbereitung (Fest-Flüssigtrennung/Eindickung / Trocknung)
- Reduzierung des Gärprodukteinfalls durch
- Substratwechsel
- Einsatz von Zündstahl-Technik.

Auch eine vorfristige Anlagenabschaltung, besonders für Anlagen mit kurzen Restlaufzeiten bzw. hohem Gülleeinsatz ist als mögliche Anpassungsreaktion zu diskutieren.

2.6.1 Forderung nach 9 Monaten Lagerkapazität

Bei der Abschätzung der ökonomischen Wirkungen ist die Lebenskurve der Biogasanlagen zu beachten. Gärproduktlager besitzen eine deutlich längere Nutzungsdauer als die EEG Restlaufzeit der meisten Biogasanlagen. Alle Maßnahmen müssen auf die Restlaufzeit der Anlage abgestimmt und innerhalb dieser abgeschrieben werden, da zurzeit kaum Perspektiven für einen Weiterbetrieb der BGA außerhalb des EEG bestehen. Damit sind Entscheidungen über Investitionen in Gärproduktlager (GPL) deutlich vor dem Auslaufen der EEG-Regelung erforderlich.

Ausgangspunkt für die Untersuchungen stellt ein Standort mit 10.000 m³ Rindergülleanfall und 300 MWh/a Wärmebedarf dar. Untersucht wird am Beispiel von Modell-BGA mit 200 bzw. 400 kW Bemessungsleistung. Durch den fixen Gülleanfall ist die 200 kW Variante (A) mit 78 % Gülleanteil stärker gülle- und die 400 kW Variante (B) mit 59 % Gülleanteil stärker NAWARO-betont. Die Anlagen werden auf eine Belastung von 2,3 kg oTS/m³ d ausgelegt, woraus sich unterschiedliche Fermentergrößen und Verweilzeiten ergeben (Tab. 11). Aus dem Substrateinsatz folgt bei 40 t/ha Frischmasseertrag und 10 % Siliiverlust ein Flächenbedarf für die Erzeugung von

Silomais von 80 bzw. 193 ha. Die Anlagen befinden sich im Geltungsbereich des EEG 2009 (Errichtung 2011). Die Lagerung der Gärprodukte erfolgt am Standort im vorhandenen Güllelager, welches auch für den durch den NAWARO-Einsatz erhöhten Gärprodukthanfall ausreicht. Aus Sicht des EEG 2009 bestehen für die Anlagen keine Forderungen an Mindestverweilzeiten bzw. an gasdichten Gärproduktlagern.

Tabelle 11: Grunddaten der Modellanlagen

Parameter	Einheit	Anlage A	Anlage B
Installierte Leistung	kW	225	450
Bemessungsleistung	kW	200	400
Volllaststunden	h/a	7 800	7 800
Maissilageeinsatz	t/a	2 887	6 950
Gülleanteil	%	78	59
Faulraumgröße	m ³	2 000	3 500
Verweilzeit (Fermenter)	d	57	75
Gärprodukthanfall	m ³ /a	11 810	14 904
GPL geschlossen	m ³	3 021	3 047
GPL offen (für 180 d gesamt)	m ³	2 804	4 303

Forderungen im Umweltrecht, z. B. wie in der AwSV heben den Bestandsschutz auf und sind entsprechend der festgelegten Übergangszeiten umzusetzen. Die nachträgliche Errichtung und Integration eines gasdichten Gärproduktlagers stellt einen wesentlichen Eingriff in das Anlagenkonzept dar. Folgende Aspekte sind anlagenkonkret zu beachten:

- Beachtung der anrechenbaren Lagerkapazität:
- Restentleerung ist problematisch (Aufrühren und Ansaugen von Biogas in Entleerungsleitung - größeren Restfüllstand beachten)
- gasdichte Abdeckung verhindert Niederschlagseintrag, aber ggf. ist im Gasraum mehr Freibord (mind. 0,5 m statt 0,2 m) erforderlich
- Schutzstreifen Brandschutz neben Ex- Zonen (eventuell ist der Abstand zu Gebäude und/oder Straße zu gering)
- Anpassung der Sicherheitstechnik in der Gasführung
- ein Eingriff in die Gasführung und Sicherheitstechnik erfordert mindestens eine Anzeige und kann zur Genehmigungspflicht führen
- das erhöhte Gasspeichervolumen (100 % des GPL-Volumens zuzüglich Gasraum von Fermenter, Nachgärer und GPL) kann zu Einordnung in das Störfallrecht führen.

Die Kosten der Gärproduktlagerung werden neben der Kostendegression durch die Beckengröße wesentlich durch die gasdichte Abdeckung beeinflusst. Im Einzelnen sind folgende Mehrkosten für gasdicht abgedeckte Gärproduktlager im Vergleich zu offenen Lagern zu beachten (Abb. 20):

- passiver Korrosionsschutz für den Beton auf den Wänden bis zum Boden
- fest installiertes Rührwerk, da Einsatz externer Rührwerke nicht möglich ist
- Mittelstütze mit Fundament (zur Aufnahme der Netze bzw. Balken)
- Gashaube einschließlich deren Befestigung und die Druckhaltung im Pressschlauch
- Druckhaltesystem bei Tragluftsystemen
- Anschluss an das Gassystem (Beachtung der Druckdifferenzen zwischen den einzelnen Behältern und der Gasfließrichtung)
- Behälterstatik besonders bei Nachrüstung der Abdeckung in Bestandsanlagen unter Beachtung der Wind- und Schneelasten.

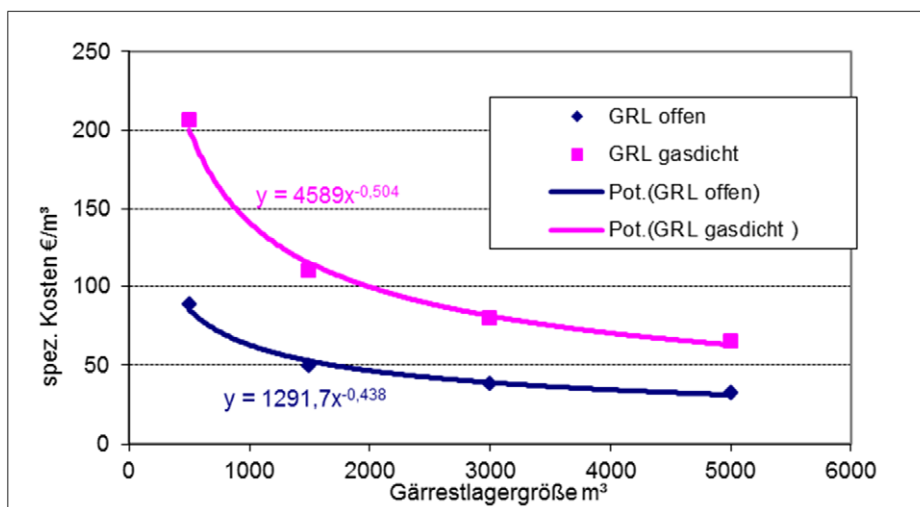


Abbildung 20: Investitionskosten für Gärproduktlager (Quelle: KTBL und eigene Erhebungen)

Besonders bei kurzen Verweilzeiten, die für gülledominierte BGA typisch sind können durch eine Verlängerung der Verweilzeit, z. B. in gasdichten GPL noch zusätzliche Biogasmengen erschlossen und einer Nutzung zugeführt werden. Aus Gründen der Vereinfachung werden die Bewirtschaftungskosten der GPL, wie Strombedarf für die Durchmischung und Druckhaltung bei Doppelmembran und die Instandhaltungskosten gegen den möglichen Gasmehrertrag saldiert.

2.6.2 Mögliche Anpassungsreaktionen der BGA

Leistungsverminderung durch Verzicht auf NAWARO-Einsatz

Wenn die Gülle am Standort anfällt und somit kostenfrei zur Verfügung steht, wird als erste Variante geprüft, ob die Verringerung des NAWARO-Einsatzes ausreicht um die Forderung nach 9 Monaten Lagerraum zu realisieren. Der Verlust an Stromproduktion ist meist deutlich. Im Beispiel sinkt die Bemessungsleistung auf rund 66 kW. Die Anlagen würden zu „kleinen Gülleanlagen“ werden, bei der keine Forderungen nach 150 Tagen Verweilzeit bestehen. Die vorhandenen Lagerstätten würden für die Anlage A für 220 Tage ausreichen, so dass nur noch 1.300 m³ gasdicht zu errichten sind. Die Anlage B benötigt keinen zusätzlichen Lagerraum.

Die Einsparung an Substratkosten wirkt deutlich geringer als der Erlösverlust. Theoretisch könnte man jetzt noch in die Flexibilisierung einsteigen, was aber den Verlust nicht kompensieren kann. Auch die Absicherung des Wärmebedarfes kann nicht mehr vollständig gewährleistet werden. Somit ist diese Art der Leistungsreduzierung zur Vermeidung des GPL-Zubaus kaum relevant.

Errichtung von Gärproduktlager

Im EEG ist festgelegt, dass Gärproduktelager (GPL) am Standort der BGA gasdicht auszuführen und an das Gassystem anzuschließen sind. Auch wenn dies im EEG 2009 nur explizit für nach BImSchV genehmigungsbedürftige Anlagen ausgeführt wird, so ist es doch gängige Praxis. Als Alternative ist auch die Errichtung von Feldrandspeichern möglich. Diese besitzen zusätzlich den Vorteil, dass in der Ausbringszeit die Schlagkraft der Applikation durch kürzere Transportwege erhöht wird. Die Errichtung von Infrastruktur (Straßenanbindung, Einzäunung, ...) ist in der Kalkulation nicht enthalten und unbedingt betriebsindividuell zu prüfen.

Die neuen GPL sind auf die Restlaufzeit der BGA abzuschreiben, da eine Nachnutzung kaum gegeben sein wird. Im Kalkulationsbeispiel werden 10 Jahre angesetzt, da 2009 errichtete Anlagen nach einer Übergangsfrist von 5 Jahren noch 10 Jahre Restlaufzeit im EEG besitzen.

Insgesamt ergeben sich für das gasdichte GPL jährliche Kosten von 30 T€ bei der 200 kW Anlage und 34 T€ bei der 400 kW Anlage, die sich für offenen Feldrandlager ca. auf die Hälfte verringern (Tab. 12). Die deutlich höheren relativen Kosten von 1,72 ct/kWh bei der güllebetonten Anlage, die mehr als 8 % vom Umsatz ausmachen, resultieren vorrangig aus dem spezifisch höheren Gülleanteil und der somit kürzeren Verweilzeit in der BGA.

Tabelle 12: Kosten bei Zubau von GPL für insgesamt 270 d Lagerkapazität

Parameter	Einheit	Anlage A	Anlage B
Bemessungsleistung	kW	200	400
Gärproduktlagererweiterung für 90 d Lagerkapazität	m ³	2 912	3 675
Gasdichtes GPL an der BGA			
Spezifische Investitionen	€/m ³	83	74
Investkosten	T€	241	270
Abschreibung (10 a)	T€/a	24	27
Kapitalverzinsung (5%/2)	T€/a	6	7
Gesamtkosten	T€/a ct/kWh	30 1,72	34 0,96
Feldrandlager			
Investkosten	€/m ³	39	36
	T€	114	130
Abschreibung auf 10 a	T€/a	11	13
Kapitalverzinsung (5%/2)	T€/a	3	3
Gesamtkosten	T€/a ct/kWh	14 0,82	16 0,47

Verringerung des Gülleeinsatzes

Weiter besteht die Möglichkeit den Gülleeinsatz zu reduzieren, um den notwendigen Zubau von GPL zu verhindern. Denkbar ist diese Variante nur, wenn mehrere Lagerstätten zur getrennten Lagerung von Gülle und Gärprodukt bestehen, bzw. wenn Fremdgülle zum Einsatz kommt. Gülle mit sehr geringem TS-Gehalt, d. d. h.h. auch geringem Gasbildungspotenzial sollte als erstes aus dem Substratmix genommen werden. Zum Erhalt des Güllebonus sollten jedoch 30 % Gülleanteil nicht unterschritten werden. In der Kalkulation wird der Gülleanteil so weit reduziert, dass der vorhandene Lagerraum für 270 d ausreicht (Tab. 13).

Vorrangig durch die reduzierte Leistung verschlechtert sich das Ergebnis um 38,5 bzw. 52,8 T€. Die freiwerdende BHKW-Kapazität kann für die Flexibilisierungsprämie angemeldet werden, um den Verlust zu verringern. Ein vollständiger Ausgleich ist damit allerdings nicht möglich. Zusätzliche negative Effekte entstehen durch den suboptimalen Teillastbetrieb, die hier allerdings noch nicht eingerechnet sind.

Die Reduzierung des Gülleeinsatzes führt zu Minderleistung der BGA. Zusätzlich zur Erlösminderung muss Lagerraum für die nicht mehr eingesetzte Gülle geschaffen werden. Das verursacht erhebliche Kosten vom 0,73 €/kWh bzw. 0,42 €/kWh (Tab. 14). Eine gemeinsame Lagerung von Gärprodukt und Rohgülle sollte auf keinen Fall erfolgen, da dadurch die Methanbakterien im Gärprodukt mit neuem „Futter“ versorgt werden und somit beträchtliche Methanemissionen entstehen können.

Der Ausgleich der Minderleistung durch erhöhten Maiseinsatz führt zu deutlichen Mehrkosten von 1,66 ct/kWh bzw. 1,05 ct/kWh, da der „Gratisfaktor“ Gülle entfällt.

Tabelle 13: Wirkung der Reduzierung des Gülleanteils

Parameter	Einheit	Anlage A	Anlage B
Bemessungsleistung (neu)	kW	170	361
Gülleinsatz / Gülleanteil	m ³ /a	5 904 / 67%	4 831 / 41%
Maiseinsatz	t/a	2 887	6 950
Veränderung des Gewinns vor Steuer der BGA um	T€/a	- 38,5	- 52,8
Möglicher Zusatzerlös aus der Flexprämie	T€/a	9,0	17,9

Tabelle 14: Wirkung der Reduzierung des Gülleanteils und Erhöhung des Maiseinsatzes

Parameter	Einheit	Anlage A	Anlage B
Bemessungsleistung Ist	kW	200	400
Gülleinsatz / Gülleanteil	m ³ /a / %	5 227 / 59 %	3 977 / 33 %
Erhöhung des Maiseinsatz auf	%	127 %	114 %
Mehrkosten	ct/kWh	1,66	1,05
Zubau offenes Güllelager für die nicht vergorene Gülle			
Lagergröße	m ³	2 386	3 011
Spezifische Investitionen	€/m ³	43	39
Investkosten	T€	102	117
Abschreibung auf 10 a	T€/a	10	12
Kapitalverzinsung (5 %/2)	T€/a	3	3
Lagerkosten	T€/a ct/kWh	13 0,73	15 0,42
Gesamtmehrkosten	ct/kWh	2,39	1,47

Substratwechsel

Bei der Bewertung der Substrate ist neben den Substratkosten (ct/m³ CH₄) der Gärproduktanfall je t Frischmasseeinsatz zu beachten (Abb. 21). Wichtig ist auch, dass energetische Austauschverhältnis (spezifischer auf die Energieerzeugung bezogener Gärproduktanfall) bei einer Bewertung des nötigen Zubaus an Lagerraum. Besonders die Wirtschaftsdünger sind durch hohe Fugatfaktoren in Verbindung mit niedrigen Gaserträgen gekennzeichnet (Abb. 22). Während bei NAWARO's und Trockenkot ca. 2 m³/1000 kWh anfallen ist bei Gülle von 10 bis 15 m³/1000 kWh auszugehen. Somit wird der Getreideeinsatz mit 0,25 m³/1000 kWh im Austausch zu Zuckerrüben

und Wirtschaftsdünger interessant, da dadurch der notwendige Zubau von Lager-
raum begrenzbar wird.

Ökonomisch folgt daraus, dass die Lagerungskosten (80 €/m³ Investkosten, 3,5 %
Zinssatz, 10 a Nutzungsdauer) substratspezifisch bei der Bewertung unterschiedli-
cher Substrate zu beachten sind. So kann z. B. für Getreide ca. 13 €/t mehr gezahlt
werden als bei alleiniger Betrachtung der Substratkosten, ausgedrückt in ct/m³ CH₄.
Bei Zuckerrübeneinsatz ist aufgrund des geringeren TS-Gehaltes ein Anschlag von
2,6 €/t vorzunehmen.

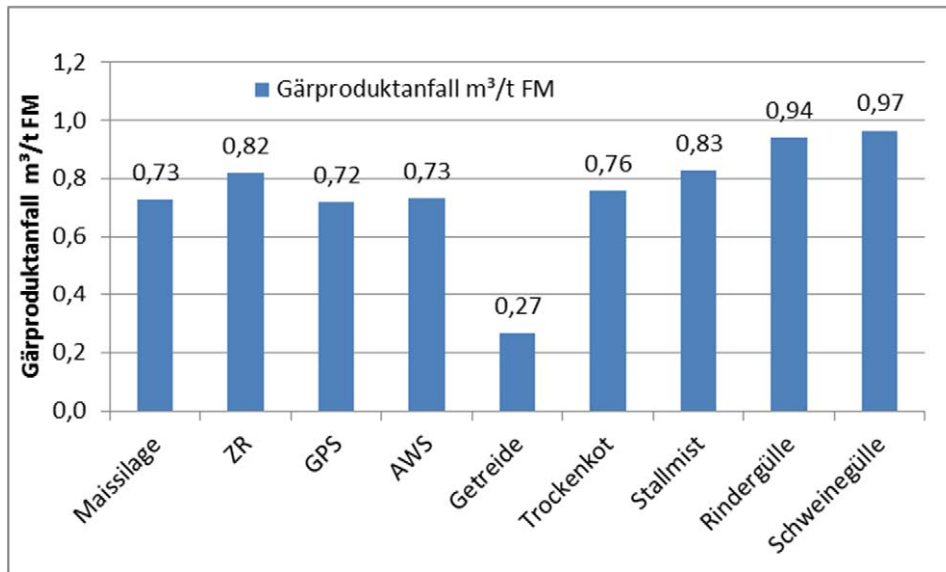


Abbildung 21: Gärproduktanfall (Fugatfaktoren) unterschiedlicher Substrate

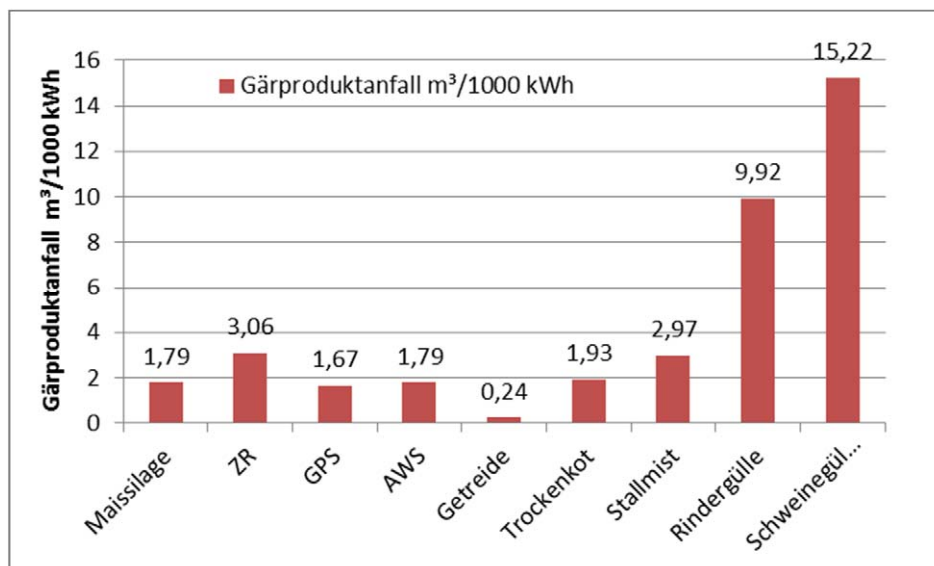


Abbildung 22: Spezifischer auf die Energieerzeugung bezogener Gärproduktanfall

Auch kann das Weglassen von Fremdgülle bzw. der Tausch gegen Güllefeststoff ein
möglicher Weg sein, den Gärproduktanfall zu vermindern. Alle diese Maßnahmen

sind individuell am Konzept der einzelnen BGA durchzurechnen, da eine pauschale Empfehlung wenig hilfreich ist.

Gärproduktaufbereitung

Durch die Fest-Flüssigtrennung der Gärprodukte kann in begrenztem Maße Lager-raumbedarf reduziert werden. Mit üblichen Verfahren wird bei restriktiv angesetzten Kosten für die Fest-Flüssigtrennung von 1 bis 1,5 €/m³ eine Volumenverringerung von 5 bis 15 % möglich, wobei die höheren Werte für TS-reichere Rindergülle gelten. Überschlägig ergeben sich die in Tabelle 15 dargestellten Kosten für die Fest-Flüssigtrennung sowie die noch zu errichtende Lagerkapazität. Zusätzlich sind je-doch noch die Kosten für Lagerflächen der Feststoffe und auch die möglichen Stick-stoffverluste zu beachten.

Tabelle 15: Wirkung des Einsatzes von Fest-Flüssigtrennung zur Verminderung des La-gerraumbedarfs

Parameter	Einheit	Anlage A	Anlage B
Bemessungsleistung Ist	kW	200	400
Gärprodukthanfall	m ³	11 810	14 904
Kosten der Fest- Flüssigtren-nung (1 €/m ³)	T€/a / ct/kWh	12 / 0,67	15 / 0,42
Verbleibender Lagerbedarf (10 % Volumenminderung)	m ³	2 148	3 828
Zubau offenes Güllelager für den Restlagerbedarf			
Lagergröße	m ³	2 148	3 828
Spezifische Investitionen	€/m ³	45	35
Investkosten	T€	96	134
Abschreibung auf 10 a	T€/a	10	13
Kapitalverzinsung (5 %/2)	T€/a	2	3
Lagerkosten	T€/a ct/kWh	12 0,69	16 0,48
Gesamtkosten	ct/kWh	1,36	0,90

Insgesamt wäre eine Fest-Flüssigtrennung denkbar für Regionen mit Nährstoffüber-schuss, wenn z.B. dadurch auch noch eine höhere Transportwürdigkeit der Nährstof-fe erreicht wird. Da nur 10 % Lagerraum gespart werden ist eine Kombination mit anderen Anpassungsreaktionen nötig.

Zündöleinsatz

Durch den Einsatz von Zündöl als „Ersatzbrennstoff“ kann der notwendige Substratinput und damit auch der Flächenbedarf gesenkt werden. Dieser Energieanteil kann beim Substrat ebenfalls eingespart werden. Zündölmotoren zeichnen sich gegenüber Gas-Ottomotoren durch einen um 2 bis 4 Prozentpunkte besseren elektrischen Wirkungsgrad aus. Der genaue Wert hängt vom Preisverhältnis Biogas / Zündöl in ct/kWh und vom Zündölanteil ab. Aus ökonomischer Sicht ist dieser Vorteil auch nötig, um die höheren Kosten des Zündöleinsatzes zu kompensieren.

Allerdings verringert sich beim Einsatz von Zündstrahl-BHKW der Substrateinsatz um den Teil, der sich aus der vom Zündölanteil erzeugten Strommenge (bis zu 5 % Zündölanteil) ergibt. Weiter wirkt sich der verbesserte elektrische Wirkungsgrad (Unterstellung 3 %) senkend auf den Substrateinsatz und damit auf den Gärprodukthanfall aus. Insgesamt ist somit eine Verringerung des Gärprodukthanfalls beim Einsatz von Zündstrahl-BHKW in der Größenordnung von 8 bis 10 % erreichbar.

Der Effekt des Austausches von Gas-Otto-Motoren gegen Zündstrahl-BHKW verliert mit zunehmender Anlagengröße aber an Bedeutung, da die Wirkungsgradunterschiede geringer werden und Zündstrahl-BHKW oberhalb von 500 kW_{el} nicht gebaut werden.

Nutzung von Folienerdbecken

Mit der Novelle der AwSV ist geplant Erdbecken für Gärproduktlagerung zu sperren. Im § 37 (6) der Novelle heißt es dazu „Erdbecken sind für die Lagerung von Gärprodukten aus dem Betrieb von Biogasanlagen nicht zulässig“. Dabei sind nach Begriffsbestimmungen in § 2 (21) „Erdbecken“ sind ins Erdreich gebaute oder durch Dämme errichtete Becken zum Lagern von Jauche, Gülle und Silagesickersäften, die im Sohlen- und Böschungsbereich aus Erdreich bestehen und gegenüber dem Boden mit Dichtungsbahnen abgedichtet sind.

Entsprechend der Novelle der AwSV sind damit Folienerdbecken nicht mehr für Gärprodukte nutzbar. Allerdings ist die Nutzung von Erdbecken in den Bundesländern sehr unterschiedlich. Nach der Landwirtschaftszählung 2010 hat Thüringen mit 17 % der Lagerkapazität den höchsten Anteil (Tab. 16).

Aus dem Gülleanteil von über 70 % am Substratmix der BGA in Thüringen folgt, dass besonders große Tierhaltungsanlagen in die Biogaserzeugung investiert haben. Es folgt eine besondere Betroffenheit der Thüringer Landwirte.

Tabelle 16: Stand der Nutzung von Folienerdbecken in den Bundesländern

	Lagerkapazität	Güllebehälter	Erdbecken	Anteil
	m³/GV	1.000 m³	1000 m³	Erdbecken
BW	12,0	10,4	0,3	3%
HE	10,4	3,4	0,1	3%
BY	12,8	31,5	1,1	3%
RP	11,1	2,4	0,1	4%
NW	11,6	16,2	0,9	5%
BB	9,5	3,1	0,2	6%
ST	9,8	2,7	0,2	7%
NI	11,4	27,1	2,1	7%
SH	14,0	12,1	1,1	8%
SN	14,2	3,8	0,5	12%
MV	11,4	3,7	0,5	12%
TH	11,1	2,5	0,5	17%
DT	11,9	119,3	7,6	6%

Im Zusammenhang mit dem Wärmemonitoring der Thüringer BGA in 2016 erfolgte auch eine Abfrage zur Nutzung von Erdbecken zur Gärproduktlagerung.

Im Ergebnis ist festzustellen, dass von erfassten 189 BGA (219 erfassten EEG Anlagen abzüglich 30 Satelliten-BHKW's) 24 Biogasanlagen Erdbecken nutzen. Durchschnittlich sind die Erdbecken mit ca. 10.000 m³ pro Becken deutlich größer als Güllehochbehälter. Insgesamt sind das mindestens 237.030 m³ Lagerraum der bei Umsetzung der Novelle nicht mehr für Gärprodukte verfügbar ist.

Da neu errichteter Lagerraum an Biogasanlagen in der Regel gasdicht auszuführen ist, ergeben sich bei Unterstellung von 4.000 m³ Betonrundbehälter (75 €/m³) Investitionsaufwendungen von mindestens 18.000 T€ für die betroffenen Betriebe. Insgesamt ist eine Häufung der Erdbecken bei älteren BGA (Errichtet von 2001 bis 2010) festzustellen, woraus folgend aufgrund der geringen EEG –Restlaufzeit eine vorfristige Anlagenabschaltung nach Nutzung der angedachten 5jährigen Übergangsfrist zu erwarten ist. Thüringen sollte bei der Novelle der AwSV darauf dringen, dass Erdbecken weiter neben Gülle auch für Gärprodukte zugelassen bleiben, besonders da hier keine Unterschiede im Risiko festzustellen sind.

Vorfristige Anlagenabschaltung

Die Forderung nach 9 Monaten Lagerraum für Gärprodukte ist in engem Zusammenhang zu der Restlaufzeit der Biogasanlage zu sehen. Nach Auslaufen des EEG und Abschalten der BGA reduziert sich der Wirtschaftsdüngeranfall auf 10 000 m³/a Rindergülle aus der Tierhaltung. Perspektivisch denkbare Forderungen nach längeren

Güllelagerzeiten aufgrund verschärfter Sperrzeiten können nach Stilllegung der BGA durch die Umnutzung der Fermenter und Nachgärer als Güllelager leicht erfüllt werden. Somit können ggf. mit einer vorzeitigen Stilllegung der Anlagen Verluste vermieden werden, besonders wenn man beachtet, dass durch Ausreizen der gesetzlich geregelten Übergangsfristen die Anzahl der verlorenen EEG Vergütungsjahre deutlich verringert wird. Damit ist diese Variante für alte Anlagen mit hohem Gülleanteil diskutabel.

Geht man von einer Übergangszeit von 5 Jahren aus und unterstellt, dass 90 % der Anlagen mit einer Restlaufzeit kleiner einem Jahr, 80 % der Anlagen mit einer Restlaufzeit kleiner zwei Jahren, 70 % der Anlagen mit einer Restlaufzeit kleiner drei Jahren usw. vorfristig stillgelegt werden, so verändert sich die Lebenskurve der Thüringer BGA deutlich (Abb. 23). Beginnend ab 2020 ist ein deutlicher Einbruch in der Bereitstellung von Biogasstrom zu erwarten, der dann auch noch mit der Abschaltung der letzten Atomkraftwerke in 2022 zusammenfällt.

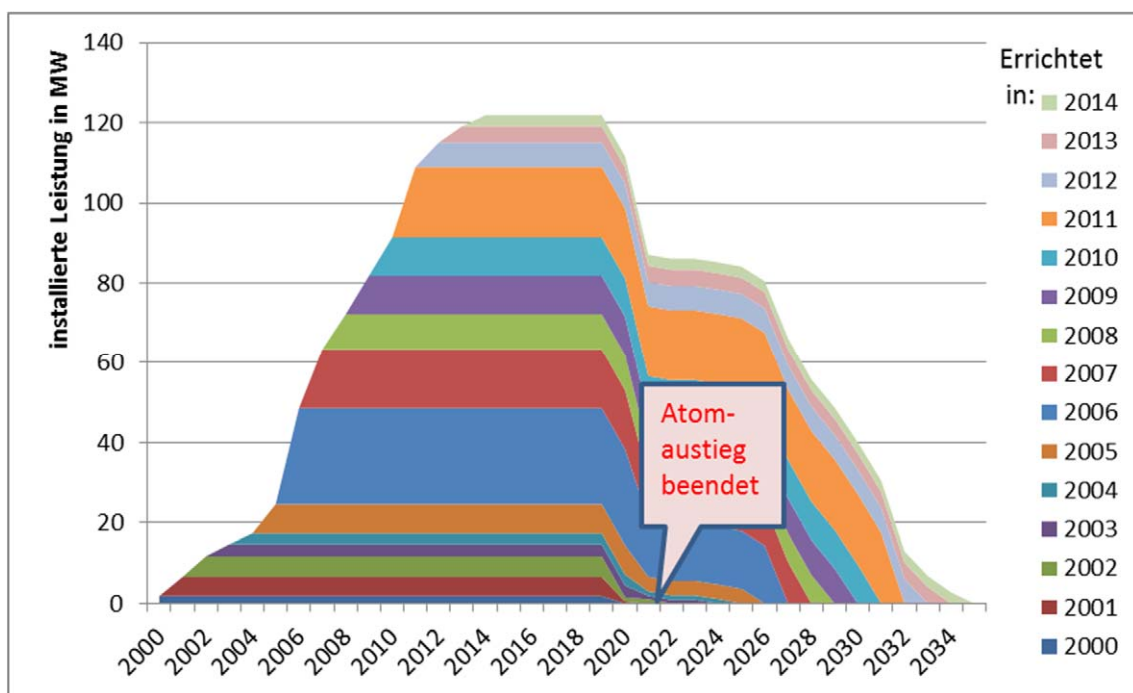


Abbildung 23: Mögliche Lebenskurve der Thüringer BGA nach EEG unter Beachtung der vorzeitigen Abschaltung

Sind in der einzelnen BGA zusätzlich größere Investitionsmaßnahmen erforderlich, wie z. B. eine BHKW-Erneuerung, so kann auch dies die Entscheidung über eine vorfristige Anlagenstilllegung beeinflussen, da für die Amortisation dieser Investition die verbleibende Nutzungsdauer nicht ausreicht.

Eine vorfristige Anlagenstilllegung ist nur denkbar für

- relativ alte Anlagen mit kurzen Restlaufzeiten,
- Anlagen mit hohem Gülleeinsatz und dementsprechend hohen Kosten für den Zubau der GPL und
- für Anlagen, die aufgrund hoher Substratkosten infolge geringer Verfügbarkeit der Substrate in der Region nicht wirtschaftlich arbeiten.

Ökonomisch ist dies immer eine Einzelfallentscheidung, die mit der hier erfolgten Vollkostenrechnung nur bedingt abgebildet werden kann. Für abgeschriebene Anlagen sind nur die variablen Kosten entscheidungsrelevant. Wird trotz Zubau von GPL bzw. durch Umsetzen der anderen beschriebenen Möglichkeiten, unter Beachtung der Restlaufzeit, keine Deckung der variablen Kosten erreicht, so ist die vorfristige Abschaltung eine schmerzliche aber notwendige Konsequenz.

Mit der Abschaltung von BGA geht neben dem Beitrag von Biogas zur Energiewende auch eine Möglichkeit zum Ausgleich der Einspeisung aus fluktuierenden Quellen und die Wirkung als Systemdienstleistung zur Spannungshaltung verloren. Zusätzlich sind folgende Effekte im Agrar- und Umweltbereich zu beachten:

Erhöhung des Getreideanteils und Steigerung des "Stoppelweizen"-Anbaus mit 10 bis 15 % Ertragsdepression in den Ackerbauregionen

- Höhere N-Verluste bei der Stallmistrotte und der Lagerung von Trockenkot
- Steigende Geruchsbelästigung bei Güllagerung und Applikation
- Steigerung von Hygienierisiken
- Belästigung durch Hühnertrockenkotlagerung am Feldrand
- Fehlende Vereinheitlichung der organischen Dünger im Betrieb und
- fehlende Ammonifizierung des organisch gebundenen Stickstoffs durch den Gärprozess.

2.7 Nutzung der Wärme in den BGA

Die Erzeugung und Verwertung von Biogas hat als Betriebszweig der Thüringer Landwirtschaft in den letzten Jahren deutlich an Bedeutung gewonnen. Neben der Statistik über den Anlagenbestand, die von den Energieversorgungsunternehmen nur bis 2013 geführt wurde sind Daten zur Energieverwertung, zum Substrateinsatz und besonders auch zu Wärmepotential sowie zur Wärmeverwertung von hoher Relevanz.

Mit dem EEG 2014 und 2017 wurden zum einen Anreize in Richtung Flexibilisierung und Marktnähe gesetzt, und zum anderen die Möglichkeit für Bestandsanlagen geschaffen eine feste Förderung für weitere 10 Jahre erhalten zu können. Das eröffnet ein neues, wirtschaftlich aber schwieriges Feld. Die mit dem EEG 2017 fixierte Höchstvergütung von 14,88 ct/kWh wird wohl kaum einen Anlagenneubau ermögli-

chen. Bei einer Höchstvergütung von 16,9 ct/kWh für den Bestand ist die Erschließung von Effizienzreserven zwingend. Die Wärme bildet aus ökologischer und ökonomischer Sicht einen besonderen Schwerpunkt.

Im ersten Schritt soll mit der vorliegenden Analyse erarbeitet werden, welches Wärmepotential vorhanden ist und wie es genutzt wird. Die erfolgte Befragung soll auch Aufschluss darauf geben, inwieweit eine Verwertung der Wärme im Fokus steht und ob sich die Betreiber mit dem Thema des Biogasanlagenbetriebs nach der Zeit der EEG-Förderung bereits beschäftigen. Aus diesem Grund erfolgte 2016 eine umfassende Erhebung des Standes der Wärmenutzung in den landwirtschaftlichen Thüringer Biogasanlagen (BGA), die durch Abfragen zur Verfahrenstechnik (Fütterung, der technischen Anlagengestaltung, BHKW-Art und Größe, Fermenter- und Nachgärervolumen, ...) sowie zu geplanten Maßnahmen zur Wärmenutzung bzw. zu Perspektiven nach dem Ende der EEG-Laufzeit ergänzt wurde.

Aussagen zur Wärmenutzung wurden 2009 und 2011 anhand von Stichproben erhoben (Abb. 24 und 25).

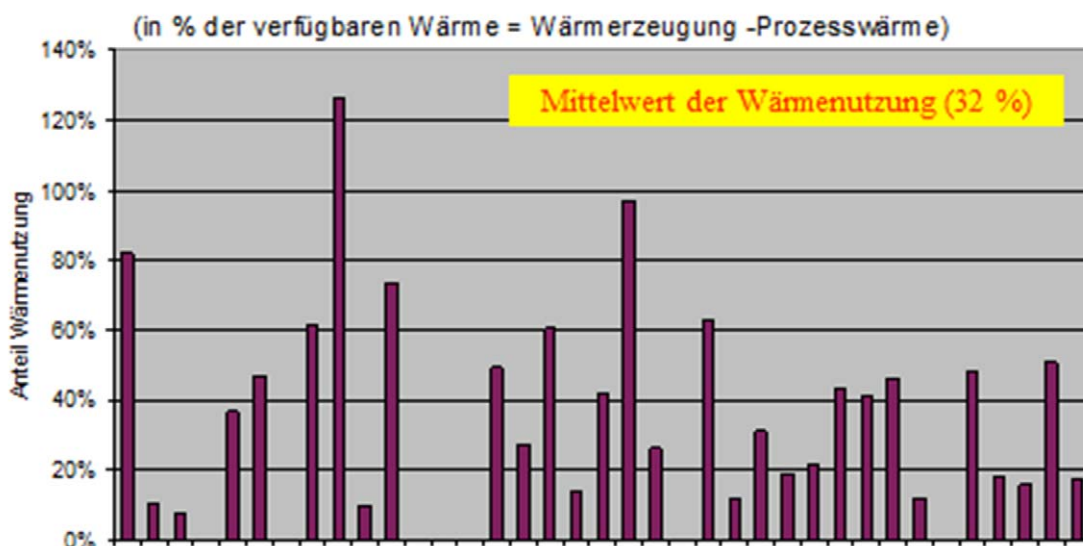


Abbildung 24: Erfassung der Wärmenutzung 2009 (n = 37)

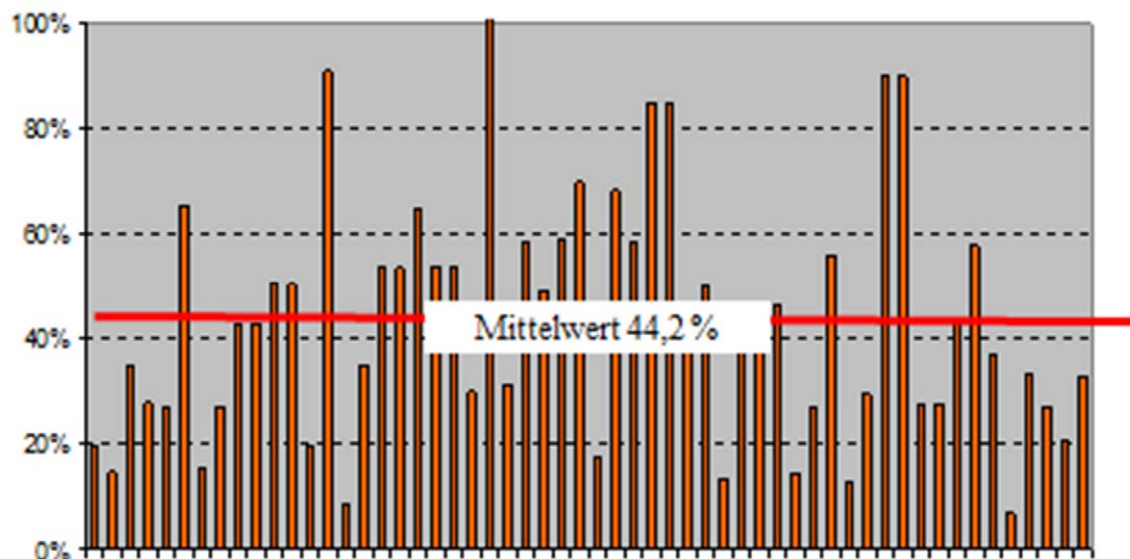


Abbildung 25: Erfassung der Wärmenutzung 2011 (57 von 226 BGA)

Beginnend mit dem EEG 2012 (Pflicht zur Wärmenutzung von > 60 % mit Ausnahmen für die Direktvermarktung und > 60 % Gülleeinsatz) wurden die Anreize zur Wärmenutzung verringert. Mit dem EEG 2014 gab es keine Rechtsnormen oder Anreize mehr für die Wärmenutzung, außer dem ökonomischen Ertrag aus der Wärmeverwertung. Die Orientierung wurde auf die Marktkräfte gelegt. Ökonomisch sollte eine Wärmenutzung als Effizienzreserve zum Tragen kommen. Dennoch gewinnt die Erschließung von Effizienzreserven besonders für den Biogasanlagenbestand zunehmend an Bedeutung, wobei die der Wärme aus ökologischer und ökonomischer Sicht einen besonderen Schwerpunkt bilden. Aus diesem Grund erfolgte 2016 eine umfassende Erhebung des Standes der Wärmenutzung in den landwirtschaftlichen Thüringer Biogasanlagen (BGA), die durch Abfragen zur Verfahrenstechnik (Fütterung, der technischen Anlagengestaltung, BHKW-Art und Größe, Volumen von Fermenter und Nachgärer, ...) sowie zu geplanten Maßnahmen zur Wärmenutzung bzw. zu Perspektiven nach dem Ende der EEG–Laufzeit ergänzt wurde.

2.7.1 Material und Methoden

Grundlage der Datenerhebung bildete die Versendung von Fragebögen an alle landwirtschaftlichen BGA und Biomethaneinspeiseanlagen (BMEA) mit Vorortverstromung auf Basis der TLL Datenbank „Biogasanlagen“. Stillgelegte BGA, Abfallvergärungsanlagen und BMEA ohne eigne Verstromungskapazität wurden nicht einbezogen, da hier entweder keine Wärmenutzung angestrebt bzw. nachgewiesen werden kann. Auch die den BMEA nachgelagerten Biomethan-BHKW konnten aufgrund ungenügender Datenlage nicht einbezogen werden. Somit wurden 259 BGA einbezogen. Der genutzte Fragebogen (Anlage 1 und 2) wurde während der Befragung er-

gänzt, um eine höhere Aussagequalität zu erreichen. Somit sind Fragen zur BHKW Art und zur Anlagenperspektive nur an ca. der Hälfte der Anlagen gestellt worden.

Beim Ausfüllen der Fragebogen erfolgte in 18 Fällen die Zusammenfassung der Satelliten-BHKW mit der eigentlichen BGA. Dann wurden diese Daten auch gemeinsam als ein Datensatz verwertet. Wurden die Fragebogen zu Satelliten und BGA getrennt ausgefüllt so erfolgte auch eine getrennte Auswertung der Daten. Zum Teil erfolgten keine Angaben zur Wärmeerzeugung. Die kann bedeuten, dass entweder keine Wärmenutzung erfolgt bzw. die Angaben nicht verfügbar sind, da keine Wärmezähler eingebaut wurden. Insgesamt betraf das 9,3 % des Wärmepotentials bzw. 26 BGA. Darin enthalten sind aber auch die Anlagen, die nach dem EEG 2012 errichtet wurden. Für diese BGA ist kein Nachweis der eigengenutzten Wärme mehr erforderlich, da der KWK Bonus nicht mehr gezahlt wird. Zum Teil weisen die BGA auch nur die verkaufte Wärme nach bzw. Sind nicht bereit gewesen Angaben zu den Wärmemengen bereitzustellen. Auch die Anlagen im EEG 2014 müssen keine Wärmeverwertung mehr nachweisen.

Die Umfrage wurde von den Thüringer BGA sehr gut angenommen. Mit einen Rücklauf von 236 Fragebögen von 260 angefragten BGA ist eine Rücklaufquote von 91 % erreicht wurden. Damit hat Thüringen als einziges Bundesland einen nahezu vollständigen Überblick über den Stand der Wärmenutzung und der Verfahrenstechnik in den BGA.

In der Regel wird die Wärmeerzeugung in den BGA nicht und gemessen. Nur die verkaufte und die KWK-Bonusfähige Wärmemengen werden erfasst. Allerdings lässt sich die Bruttowärmeerzeugung, d. h. das Wärmepotenzial aus der in den Anlagen gemessenen Stromerzeugung ableiten. Hierzu ist neben der Stromeinspeisung (Basisjahr 2015) und der BHKW-Größe auch die Kenntnis des elektrischen und thermischen Wirkungsgrades erforderlich. Diese Daten wurden mit den Fragebögen nur in unzureichender Qualität bereitgestellt. Zum Teil erfolgten pauschale Angaben bzw. es wurde auf Prospektwerte zurückgegriffen. Eine Bestimmung des Wärmepotentials und des davon nutzbaren Anteils ist somit nicht flächendeckend möglich.

Die Nutzung normierter Werte ist somit angeraten, auch wenn im Einzelfall dadurch das Wärmepotenzial nicht exakt bestimmbar ist. Durch die Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE) werden die Broschüre BHKW-Kenndaten 2014/2015 veröffentlicht, die die Grundlage für die weiteren Berechnungen bildet. In die Auswertung wurden die Daten der Biogas-BHKW im Bereich 100 kW bis 2 MW einbezogen, da kleinere bzw. größere Anlagen für Thüringen unüblich sind. Es zeigt sich, dass mit steigender Anlagengröße der elektrische Wirkungsgrad steigt und auch die Varianz der Einzelwerte geringer wird (Abb. 26). Beachtet man nur, dass mit steigendem elektrischem Wirkungsgrad der thermische Wirkungsgrad sinkt (Abb. 27), so lässt sich aus den Regressionsgleichungen das Wärmepotenzial der einzelnen BGA mit hinreichender Genauigkeit abschätzen.

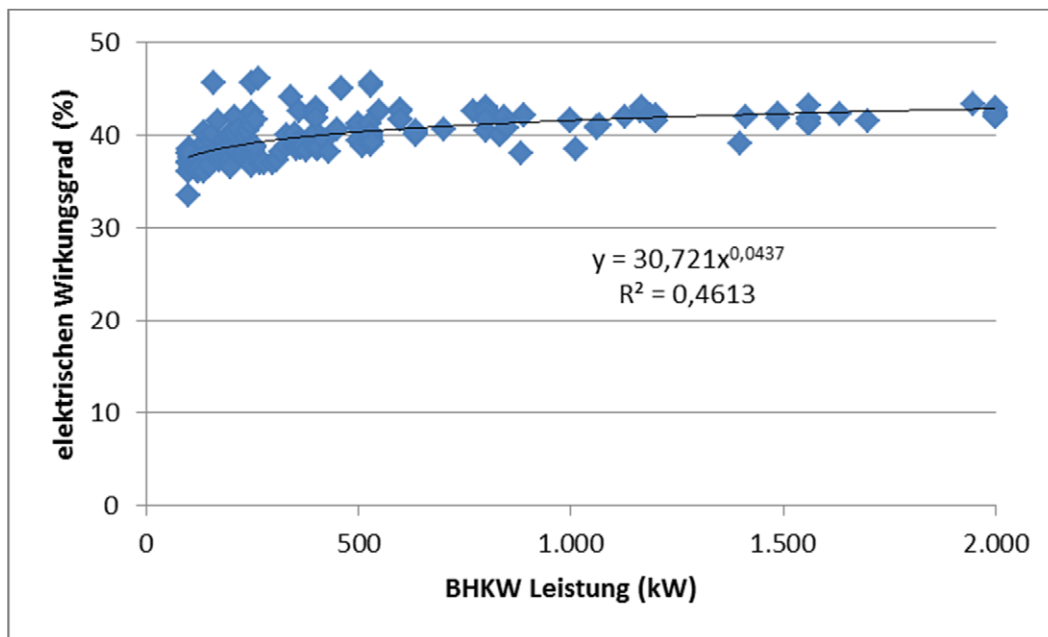


Abbildung 26: Leistungsabhängigkeit des elektrischen Wirkungsgrades von Biogas BHKW's (Datenquelle ASUE 2015)

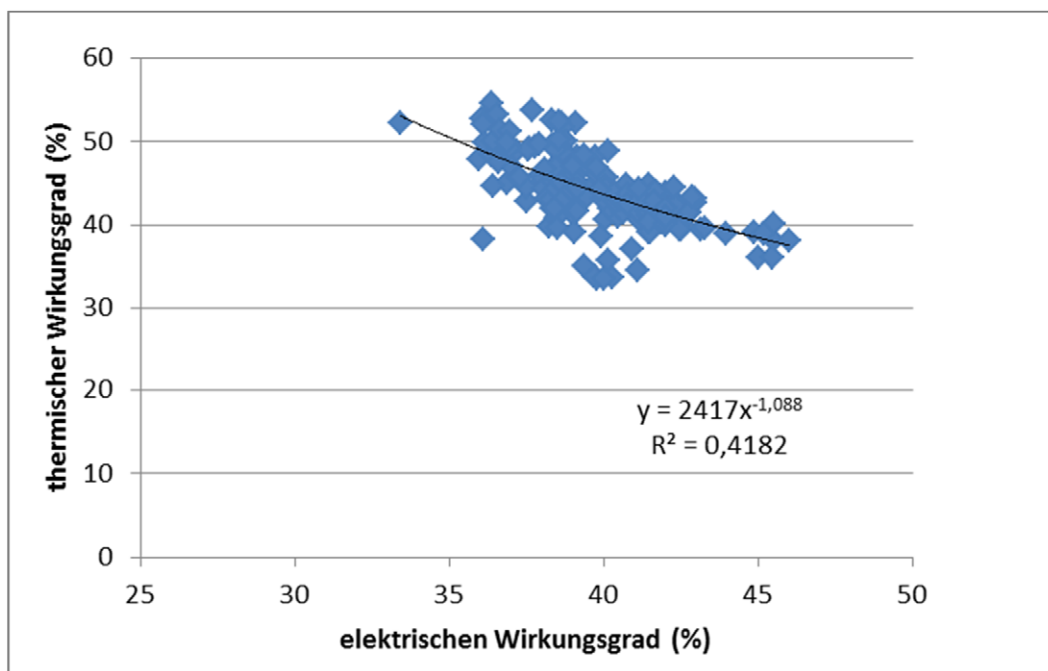


Abbildung 27: Beziehung zwischen elektrischen und thermischen Wirkungsgrad in Biogas BHKW's (Datenquelle ASUE 2015)

Das Wärmepotential errechnet sich somit Anlagenkonkret aus der jährlichen Stromerzeugung multipliziert mit dem Quotienten aus thermischen und elektrischen Wirkungsgrad. Dadurch ist es möglich den höheren thermischen Wirkungsgrad der kleineren Anlagen sowie die unterschiedlichen Vollaststunden entsprechend zu berücksichtigen. Insgesamt liegt das Wärmepotential in den Thüringer BGA um 8,5 % höher als die Stromerzeugung.

2.7.2 Stand der Wärmenutzung und verfahrenstechnische Einflussfaktoren

Mit dem EEG 2004 und der Einführung des KWK-Bonus, der mit den EEG 2009 auf 3 ct/kWh erhöht wurde, konnte eine deutliche Steigerung der Wärmenutzung in den BGA erreicht werden. Die Streichung des KWK-Bonus im EEG 2012 bei Einführung einer Mindestnutzung der anfallenden Wärmen wirke dagegen in Thüringen kaum anreizend auf die Wärmenutzung, da in der Regel diese Forderung durch den hohen Gülleanteil für Mitteldeutschland erfüllt werden kommt. Zusätzlich führt die Streichung des KWK-Bonus dazu das - besonders bei Eigenwärmenutzung der BGA im EEG 2012 und EEG 2014 - kein Nachweis der Wärmenutzung mehr nötig ist und somit auch nicht mehr erfolgt.

Die Streichung der Anreize für eine Wärmenutzung im EEG 2012 und 2014 erfolgte in der Hoffnung, dass der Markt diese ökonomisch anreizt. In Thüringen nur im EEG 2014 nur vereinzelt „kleine Gülleanlagen“ – insgesamt 2 Stück errichtet. Größere BGA konnten aufgrund der ökonomischen Zwänge nicht ans Netz gebracht werden. Die weitere Steigerung der Wärmenutzung im Bestand ist schwierig geworden, besonders aufgrund der durch das EEG begrenzten zeitlichen Perspektive. Somit führt das EEG dazu, dass kein zusätzlicher Beitrag zur Verdrängung fossiler Wärme mehr geleistet wird. Auch wirken der temporär niedrige Ölpreis und die fehlende wirtschaftliche Perspektive nach Anlauf der EEG Finanzierung deutlich dämpfend auf alle Projekte zur Nutzung erneuerbarer Wärme.

Insgesamt ist festzustellen, dass hier ein klassisches Marktversagen abzusehen ist und auch schon stattfindet, indem neue Anlagen nicht errichtet werden und der Bestand die Wärmenutzung aufgrund der Perspektivlosigkeit nicht steigern kann.

Ausgehend von den im Fragebogen erhobenen Daten zur jährlichen Stromerzeugung der Anlagen in 2015 ergibt sich eine Vollaststundenanzahl der untersuchten BGA von 6961. Das sind fast 80 %. Auch wenn in der Literatur oft deutlich höhere Werte für einzelne Anlagen genannt werden, so lässt sich dieser Wert anhand der bei größeren Stichproben (z. B. anhand der veröffentlichenden EEG-Einspeisemengen der Energieversorger) fast immer bestätigen. Vollaststunden größer 7500 h/a werden zwar von einzelnen Anlagen in einzelnen Jahren erreicht, doch stellen diese Werte niemals den Durchschnitt des Anlagenbestandes dar. Dies ist eine Tatsache die zur Kenntnis genommen werden muss.

Das anfallende Wärmepotenzial für die untersuchbare Stichprobe wurde anlagenkonkret über die Regressionskurven der elektrischen und thermischen Wirkungsgrade berechnen. Dafür wurde die Stromproduktion in 2015 als Basis gewählt und Vollastbetrieb unterstellt. Aus der anlagenkonkreten Ermittlung der normierten Wirkungsgrade entsprechend Punkt 2.2 folgt für den Anlagenbestand ein mittlerer elektrischer Wirkungsgrad von 39,7 % und ein thermischer Wirkungsgrad von 44,1 %. Bei Beachtung der erreichten Vollaststunden und der installierten Leistung nach Tabelle 1 folgt für den gesamten Bestand der BGA in Thüringen, d. h. einschließlich der Abfall-BGA

und der Biomethaneinspeiseanlagen (139,2 MWe) ein Wärmepotential der Biogas-erzeugung bei 1,05 TWh. Da die Verwertung des eingespeisten Biomethans nicht untersucht wurde werden im Folgenden nur die Anlagen mit Vor-Ort-Verstromung betrachtet. Für die landwirtschaftlichen und Abfall-BGA folgt eine Wärmeerzeugung in den BGA von insgesamt 950 GWh/a. Abzüglich der erforderlichen Prozessenergie 23,1 % ist ein nutzbares Wärmepotenzial von 759 GWh/a verfügbar.

In der untersuchten Stichprobe lieferten 26 Anlagen lieferten keine oder keine vollständigen Angaben zur Wärmenutzung, da diese Mengen z. B. keine Messung vorhanden war oder nur der Wärmeverkauf nachgewiesen wurde. Das entspricht 9,3 % des Potenzials bzw. 66,5 GWh.

Vom Wärmepotential (714,2 GWh/a) wurden 25,4 % (181,1 GWh/a) im eigenen Betrieb verwertet und 22,7 % (162,1 GWh/a) an Dritte abgegeben. Insgesamt ergibt sich somit eine Quote für die Wärmeverwertung von 48,1 %. Rechnet man zur Nutzwärmeverwertung von 48,1 % noch die notwendige Prozessenergie (23,1 % des Potentials) anlagenkonkret - entsprechend der dargestellten Vorgehensweise hinzu, so ergibt sich eine Quote der Wärmeverwertung von 71,2 %.

Das nutzbare Potential (ohne Prozesswärme) beträgt 560.023 WMh/a. Bezieht man die Wärmenutzung auf diese, so ist von 32,3% Eigenwärmenutzung, 28,9% Wärmeabgabe an Dritte und somit von einer Gesamtnutzung von 61,3% auszugehen (Tab. 17).

In Thüringen besteht eine starke Orientierung auf Gülle- und Reststoffnutzung. BGA wurden und werden vorrangig an den Standorten der Tierhaltung errichtet, was auch aus der Größe der Tierhaltungsanlagen ableitbar ist. Dadurch werden Güllenutzung gesteigert ohne dass zusätzlich Transporte nötig sind. Dementsprechend stehen Thüringer BGA nicht an den Wärmesenken und der Wärmebedarf der vorrangig durch den Standort dominiert wird ist vergleichsweise gering. Unter Beachtung dieser Bedingungen ist eine fast 50 %-ige Wärmeverwertung in Thüringen als sehr gut einzuschätzen.

Tabelle 17: Wärmenutzung der BGA in Thüringen

Wärmenutzung (incl. Prozessenergie)				
Potential	eigen	fremd	Prozessenergie	Summe
714,2 GWh	25,4 %	22,7 %	23,1	71,2
Wärmenutzung (ohne Prozesswärme)				
nutzbares Potential	eigen	fremd		Summe
560,0 GWh	32,3%	28,9%		61,3%

Bei der Bewertung der Eigenwärmenutzung und Abgabe an Dritte ist zu beachten, dass diese Daten stark durch die Struktur der Betriebe bedingt sind. Die BGA wurden in Thüringen sowohl als eigenständige GmbH – um das wirtschaftliche Risiko vom Agrarbetrieb zu trennen, als auch als Betriebszweig in den Agrargenossenschaften – um einen vollen ökonomischen Zugriff zu ermöglichen errichtet. Die Anteile der Eigennutzung und Abgabe an Dritte wurden durch die enge wirtschaftliche Verbindung oft nicht exakt getrennt. Auch erfolgte zum Teil Wärmeabgabe im Unternehmensverbund die als Eigenwärmenutzung deklariert wurde. Somit sind diese Trennungen in Eigen und Fremdwärme nicht zu stark zu bewerten. So gaben 141 BGA an, dass eine Eigenwärmenutzung besteht und 92 BGA geben Wärme an Dritte ab. Zu beachten ist, dass 26 BGA keine Angaben zur Wärmenutzung und 50 BGA ohne das sie Angaben zur Eigenwärmenutzung machten, weil diese oft nicht gemessen wurde, Angaben zur Fremdwärmenutzung machten. Angaben zur zum Wärmeabgabepreis wurden nicht erhoben, da dies die Rücklaufquote deutlich verschlechtert hätte.

Die Höhe der Wärmenutzung wird im Wesentlichen durch den Standort und nicht durch den Wirtschaftsdüngeranteil bestimmt, wie die Auswertung der Daten belegen (Abb. 28). Es ist einzuschätzen, dass im Wesentlichen der Standort mit dem vorhandenen Wärmebedarf Ursache für die Höhe der Wärmenutzung legt. und.

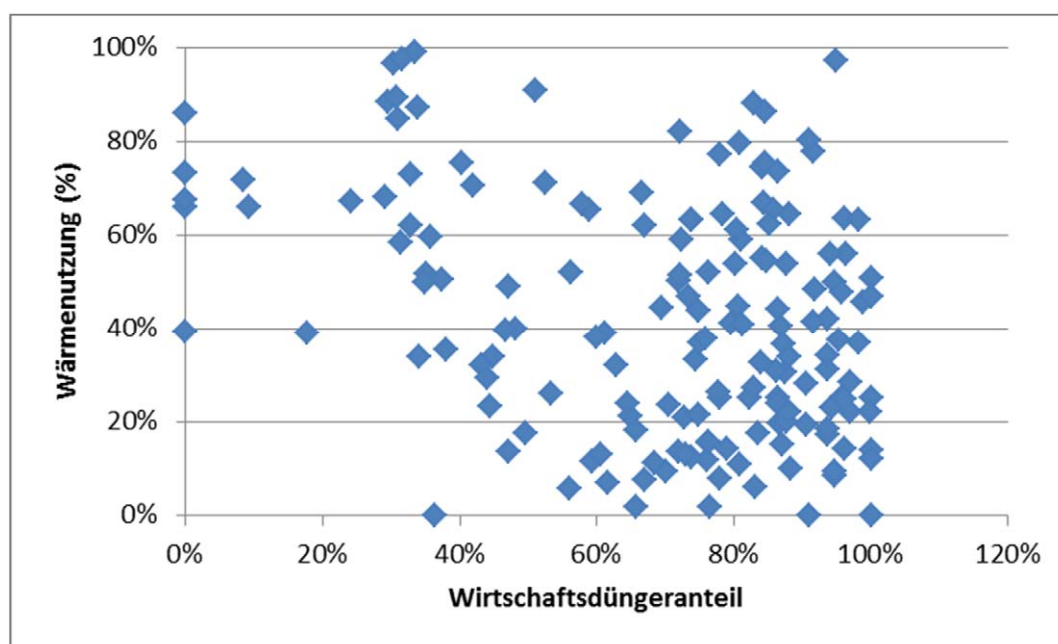


Abbildung 28: Beziehung zwischen Wärmenutzung und Wirtschaftsdüngeranteil im Substrat

So ließ sich auch keine Beziehung zwischen Gülle- bzw. Wirtschaftsdüngeranteil im Substrat und der Höhe der Wärmenutzung nachweisen (Abb. 29), auch wenn ein hoher Wirtschaftsdüngereinsatz zu einem hohen Prozesswärmebedarf - besonders im Winter – führt. Dies führt dazu, dass das verwertbare Wärmedargebot im Vergleich zu NAWARO-betonten BGA deutlich geringer ausfällt. Weiterhin zeigte sich, dass die Anlagengröße in Thüringen keinen Einfluss auf die Wärmenutzung hat. Ursache hierfür ist, dass aufgrund der Stallanlagengrößen der den Prozessenergie beeinflussende Wirtschaftsdüngeranteil kaum mit der Anlagengröße korreliert (Abb. 30).

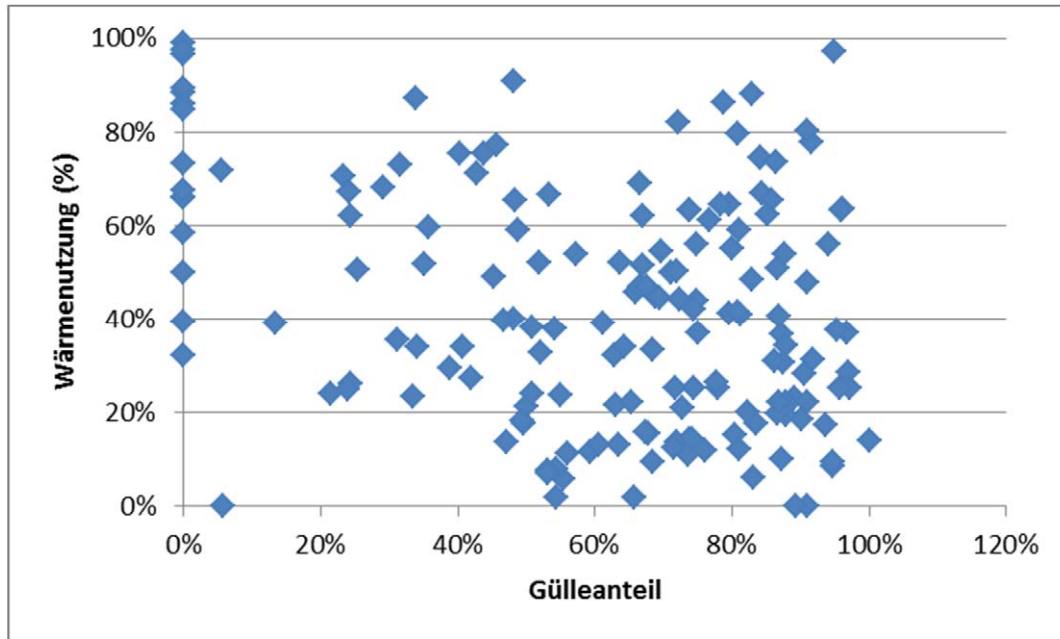


Abbildung 29: Beziehung zwischen Wärmenutzung und Gülleanteil im Substrat

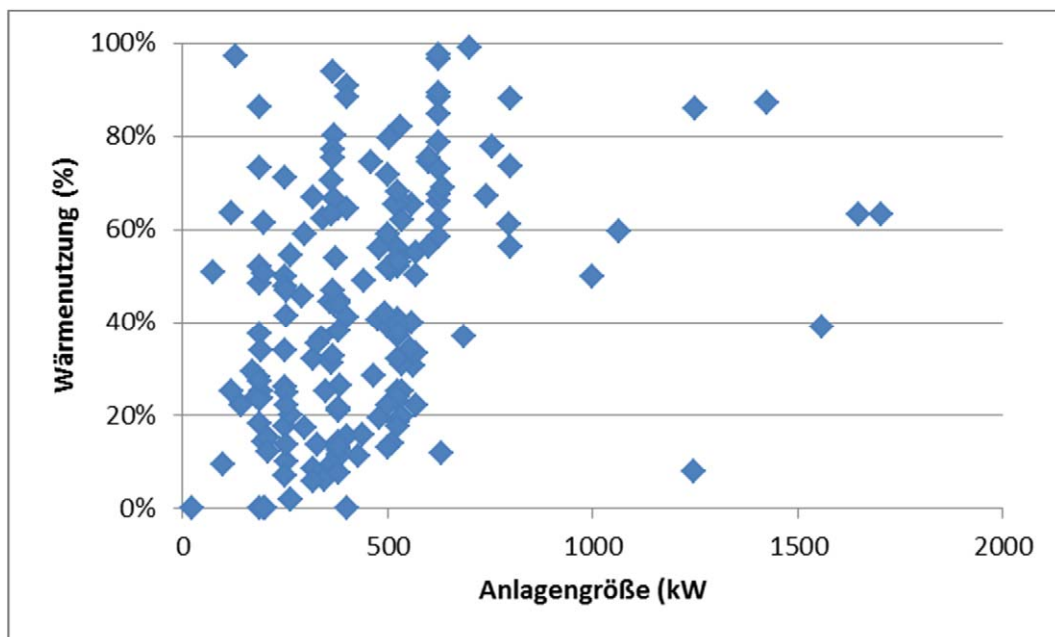


Abbildung 30: Beziehung zwischen Wärmenutzung und Anlagengröße

2.7.3 Wirtschaftsdüngereinsatz und Prozesswärmebedarf

Die großräumige Struktur der Landwirtschaft in Mitteldeutschland führt in Verbindung mit großen Tierhaltungsanlagen dazu, dass der Gülleeinsatz im Wesentlichen durch die Größe der Stallanlagen und nicht durch den Tierbesatz bestimmt wird. So ist es nicht verwunderlich, dass bei nur 0,47 GV/ha in Thüringen mehr als 70 % Wirtschaftsdüngeranteil am Substratmix festzustellen ist. Da der Wirtschaftsdüngeranteil deutlich über den Prozesswärmebedarf auf das nutzbare Wärmepotential wirkt, ist dies anlagenkonkret unter Beachtung des Wirtschaftsdüngereinsatzes bestimmt worden (Abb. 31 und Tab 18).

In Auswertung der Daten zeigt sich an den sehr niedrigen Bestimmtheitsmaßen in Abb. 9, dass in Thüringen der Wirtschaftsdüngeranteil wie auch der Gülleanteil am Substratmix kaum durch die Anlagengrößen beeinflusst wird. Tabelle 18 zeigt, dass in der für Thüringen relevanten Anlagengrößen von 150 kW bis 1 MW der Wirtschaftsdüngeranteil bei 60 ... 67 % liegt.

Tabelle 18: Verfahrensparameter in Thüringen und Deutschland

Installierte Leistung	Verweilzeit	Raumbelastung	Wirtschaftsdüngeranteil	
			Thüringen	Deutschland (Quelle: DBFZ)
kW	d	kg/m ³ d	%	
< 70	200 *	0,47 *	91%*	83%
71 – 150	67	2,26	91%	65%
151 – 500	98	2,21	67%	53%
501 – 1000	98	2,27	60%	40%
> 1000	90	2,88	48%	32%
Durchschnitt	96	2,21	68%	44%

*n=1

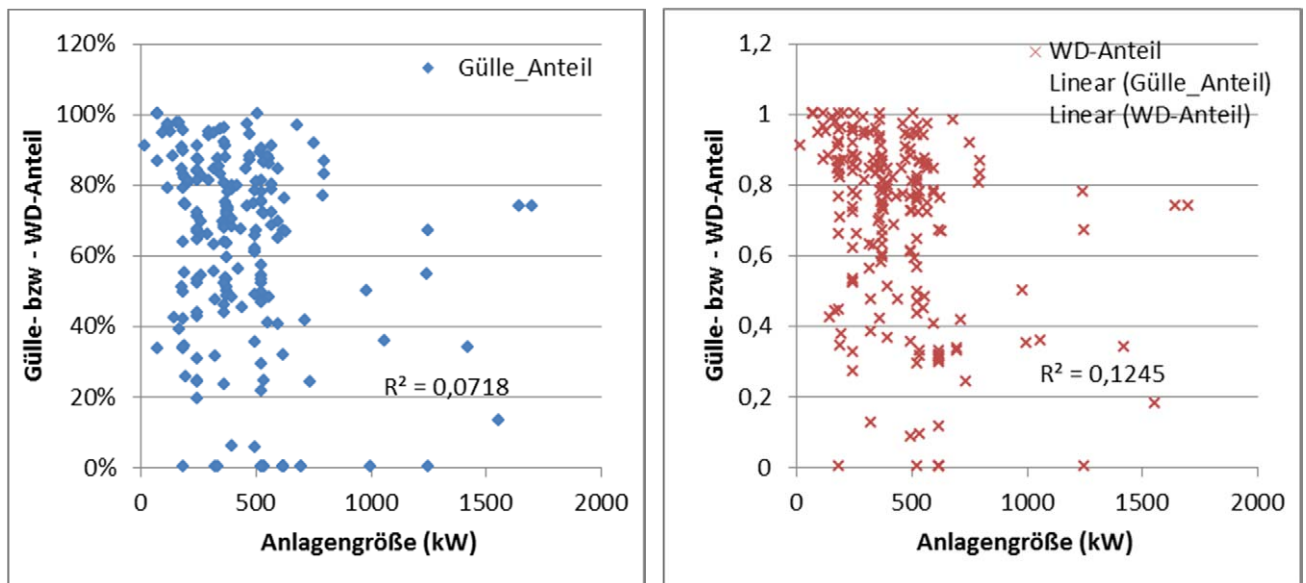


Abbildung 31: Beziehung zwischen Anlagengröße und Wirtschaftsdünger (WD) und Gülleanteil an der Fütterung in Thüringen

Im Gegensatz dazu hat das DBFZ 2014 für Deutschland eine starke Größenabhängigkeit des Wirtschaftsdüngereinsatzes von der Anlagengröße ermittelt. Verursacht wird dies durch die kleineren Stallanlagen außerhalb von Mitteldeutschland.

Angaben zur notwendigen Wärme für den anaeroben Prozess erfolgt nur in 41 Fällen von denen 36 BGA in die weitere Auswertung einbezogen wurden. Bei der Prozesstemperatur ist in den letzten Jahren ein deutlicher Trend zu höheren Vergärungstemperaturen festzustellen, was auch deutlichen Einfluss auf den Prozesswärmebedarf hat. Im Mittel beträgt die Prozesstemperatur 41,5 °C in den BGA Thüringens (n=104).

Die Bestimmung der nutzbaren Wärme erfordert die anlagenkonkrete Ermittlung des Prozesswärmebedarfs. Da diese Daten von dem Großteil der BGA nicht erfasst werden mussten Beziehung zwischen Verfahrensparametern und Prozesswärmebedarf abgeleitet werden. Beeinflusst wird der Prozesswärmebedarf durch die Temperaturdifferenz zwischen Vergärungstemperatur und der Temperatur der Substrate, den sogenannten Aufwand für die Aufheizung und den Abstrahlungsverlusten, die wiederum durch Verweilzeit, Isolierungsstärke, Temperatur im Nachgärer und den Gärproduktlager etc. beeinflusst werden.

Ausgehend von den verfügbaren Daten konnten nur auswertbare Beziehungen zwischen Pressewärmebedarf und Gülleanteil nachgewiesen werden. Dagegen war die Beziehung zum Wirtschaftsdüngeranteil mit $R^2 = 0,773$ deutlich enger als die zum Gülleanteil ist (Abb. 32 und 33).

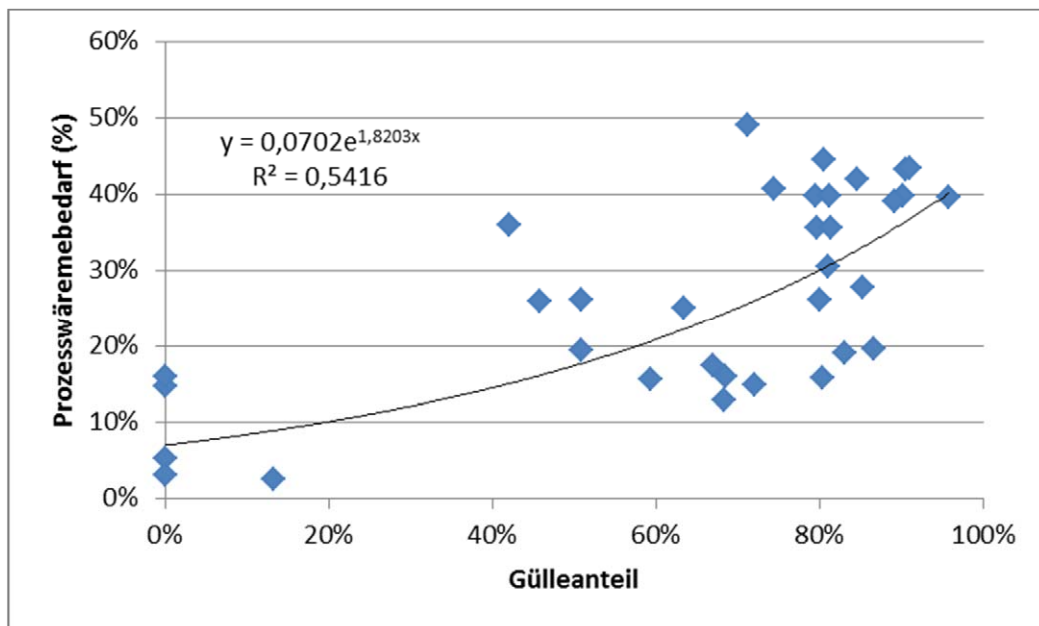


Abbildung 32: Prozesswärmebedarf in Abhängigkeit vom Gülleanteil

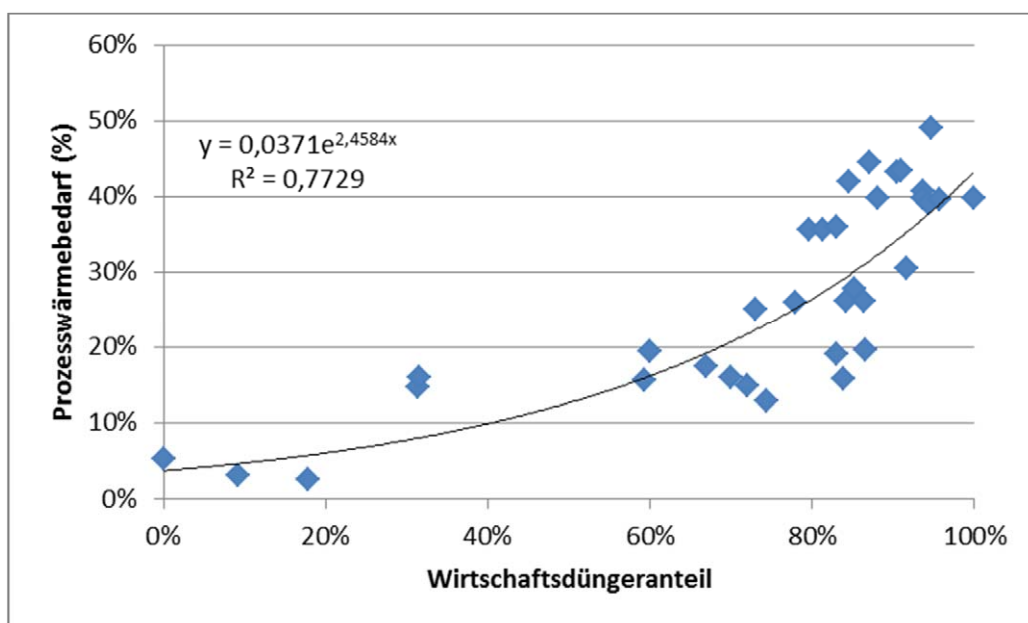


Abbildung 33: Prozesswärmebedarf in Abhängigkeit vom Wirtschaftsdüngeranteil

Der Prozessenergiebedarf in Thüringen wird in der Regel im Gegensatz zu der Erhebung des DBFZ nicht so stark von der Anlagengröße und dem damit zusammenhängenden Wirtschaftsdüngereinsatz beeinflusst. Bei der Erhebung des DBFZ (vgl. Tab. 3) liegt offenbar eine Kreuz Korrelation vor, da bei den für die alten Bundesländer typischen kleineren Stallanlagen der Gülleanteil deutlicher von der Anlagengröße beeinflusst wird. Somit wirkt die Anlagengröße indirekt über den Gülleanteil auf den Prozesswärmebedarf. Auch wird besonders in den viehstarken Veredlungsregionen

wird der Gülleeinsatz oft minimiert um nicht das Entsorgungsproblem für die Gülle zu übernehmen (Abb. 34).

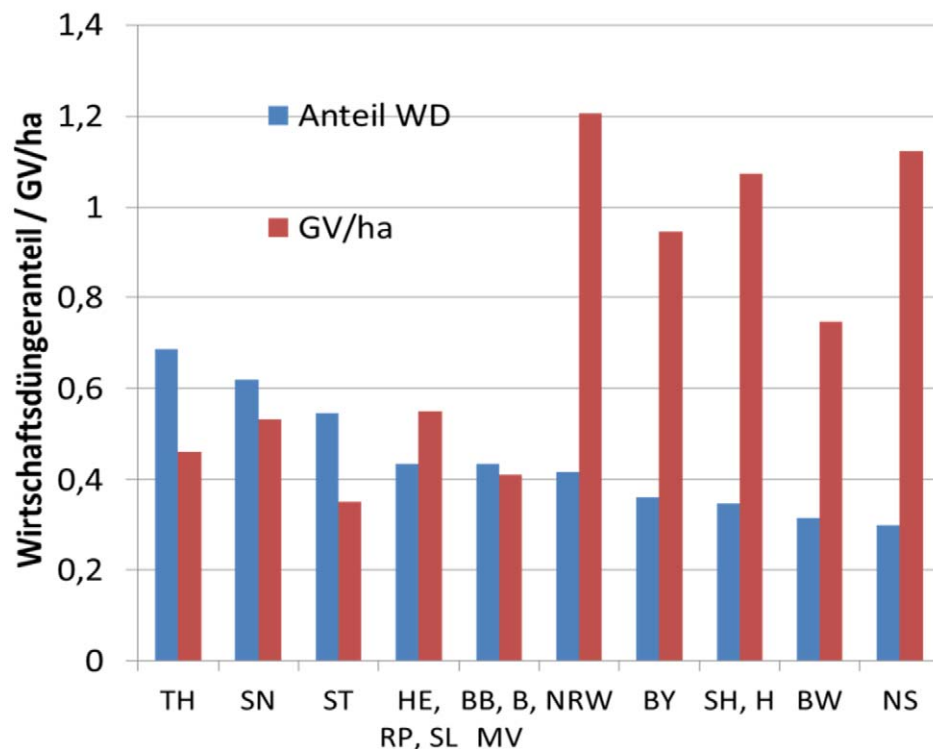


Abbildung 34: Wirtschaftsdüngeranteil am Substratmix (Quelle: DBFZ 2016) und GV-Besatz in den Bundesländern

Der Nachweis der Prozesswärmeanteils ist für Thüringen von hoher Relevanz, da im Mittel über 70 % Wirtschaftsdünger eingesetzt werden. Der Prozesswärmebedarf ist somit deutlich höher als bei Anlagen mit verstärktem NAWARO-Einsatz und dementsprechend auch die verfügbare Wärme besonders in der Heizperiode geringer. Ermittelt man den Prozesswärmebedarf anlagenkonkret entsprechend der ermittelten Regressionsgleichungen, so erhöht sich die Wärmenutzung auf 71,0 %, bzw. wenn man das nutzbare Potenzial (Wärmepotenzial abzüglich Prozesswärme) unterstellt so beträgt die Wärmenutzung 62,4 %.

2.7.4 Wärmenutzungsunterschiede in den einzelnen BGA

Bezogen auf die einzelnen Anlagen stellt sich ein sehr differenziertes Bild dar. Von Fällen wo keine Nutzung gegeben war bis zu Fällen in denen die Wärme vollständig verwertet wird (Abb. 35). In der Praxis erfolgt z.T. auch eine vollständige Wärmenutzung und die Beheizung der Fermenter erfolgt aus dem Netzzurücklauf, so dass sich rechnerisch eine Wärmenutzung größer 100 % ergibt.

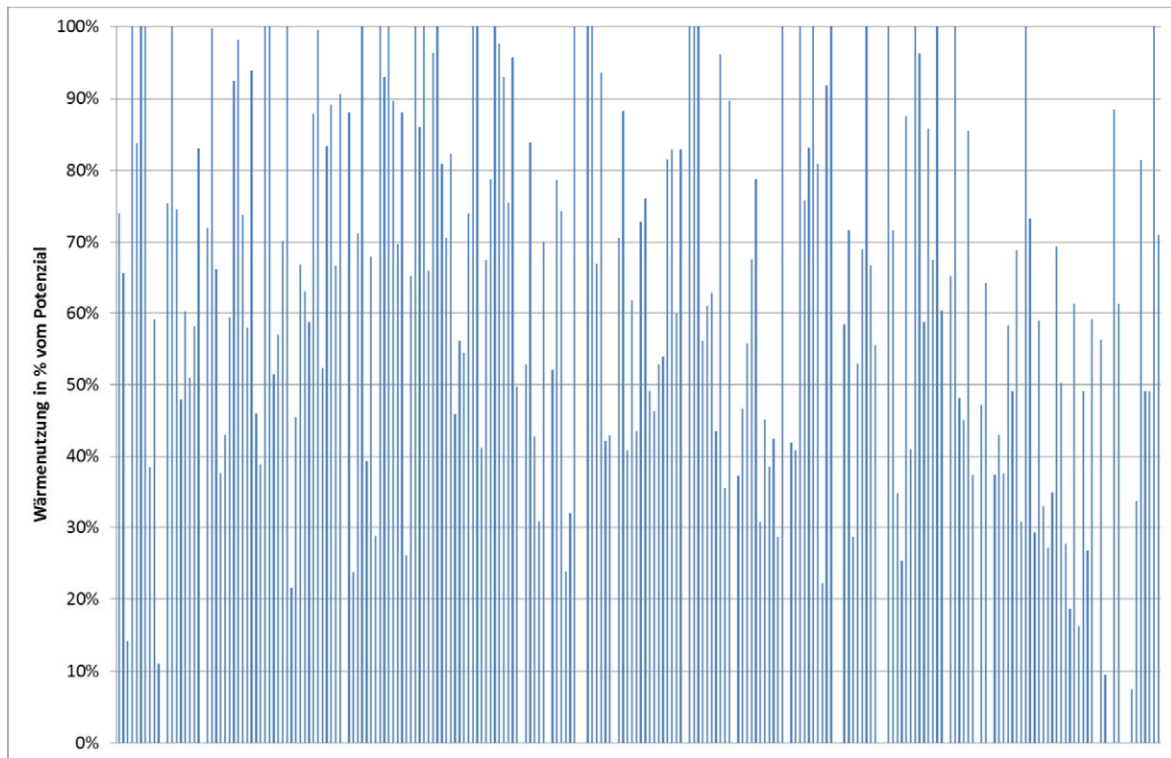


Abbildung 35: Wärmenutzung in den einzelnen BGA in % vom Potenzial (incl. Prozesswärme; sortiert nach Jahr der Inbetriebnahme)

In Abbildung 35 und 36 sind die Anlagen nach Inbetriebnahmedatum geordnet. Es zeigt sich kein Trend, dass jüngere oder ältere Anlagen einen geänderten Wärmenutzungsumfang haben. Auch bei getrennter Betrachtung der Eigennutzung und Wärmeabgabe ist kein Trend zu erkennen. Da Anlagen im EEG 2012 keinen Nachweis zur Wärme mehr erbringen müssen haben jüngere Anlagen scheinbar mehr Fremdwärmenutzung und insgesamt einen geringere Wärmenutzung.

Sortiert man die BGA nach der Höhe der Wärmenutzung in % des nutzbaren Wärmepotentials, so zeigt sich fast ein linearer Verlauf. Die zeigt wiederum, dass die regionalen Bedingungen sehr unterschiedliche Möglichkeiten zu Wärmenutzung eröffnen. Anlagen mit 100 % Wärmeverwertung sind bewusst an Wärmesenken errichtet wurden und heizen die BGA z.T. aus dem Rücklauf des Wärmenetzes (Abb. 37). Fremdbeheizung der BGA, wie sie z.T. in den Alten Bundesländern zur Bonusoptimierung erfolgt, ist in Thüringen nicht vorhanden.

Sortiert man die BGA nach dem Anteil der Wärmenutzung einschließlich der Prozessenergie (Abb. 38) so zeigt sich, dass mindestens 20 bis 30 % Prozessenergiebedarf in den Thüringer BGA benötigt wird. Zu brachten ist auch, dass hier die die Anlagen mit unvollständigen Angaben zur Wärmenutzung rechts mit dargestellt sind.

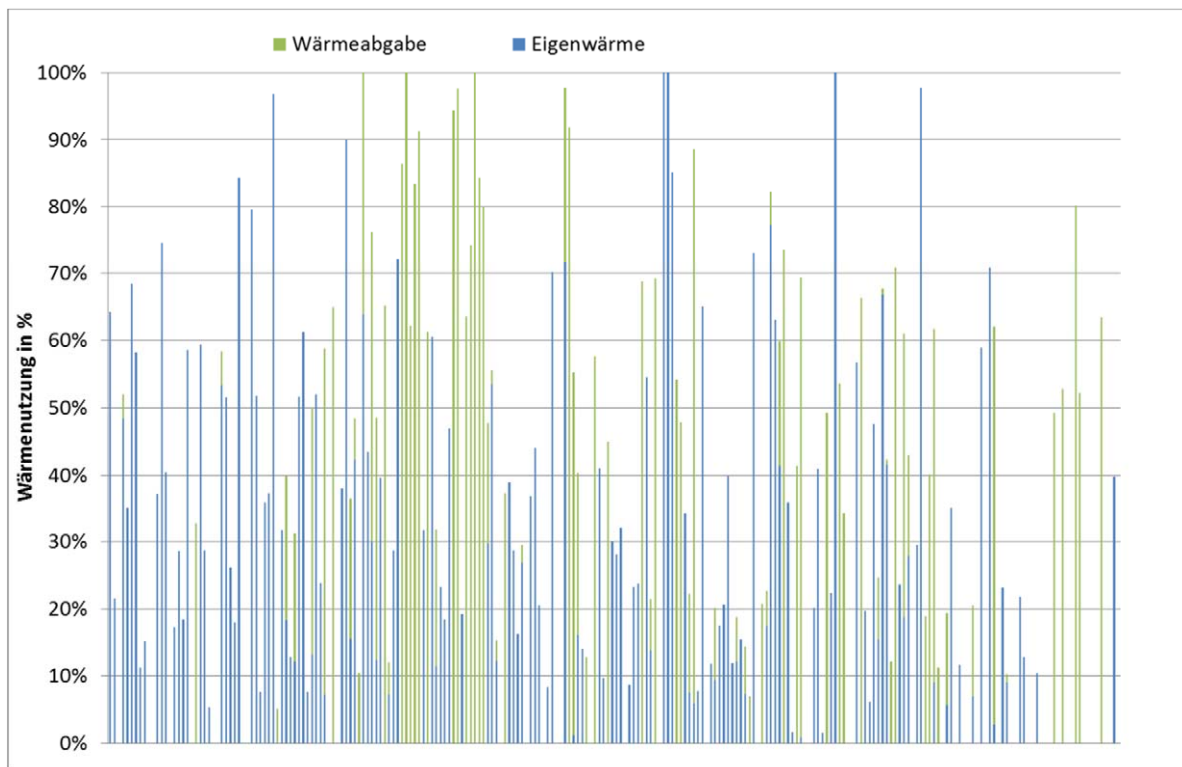


Abbildung 36: Eigen und Fremdwärmenutzung in den einzelnen BGA in % vom Potenzial (ohne Prozesswärme; sortiert nach Jahr der Inbetriebnahme)

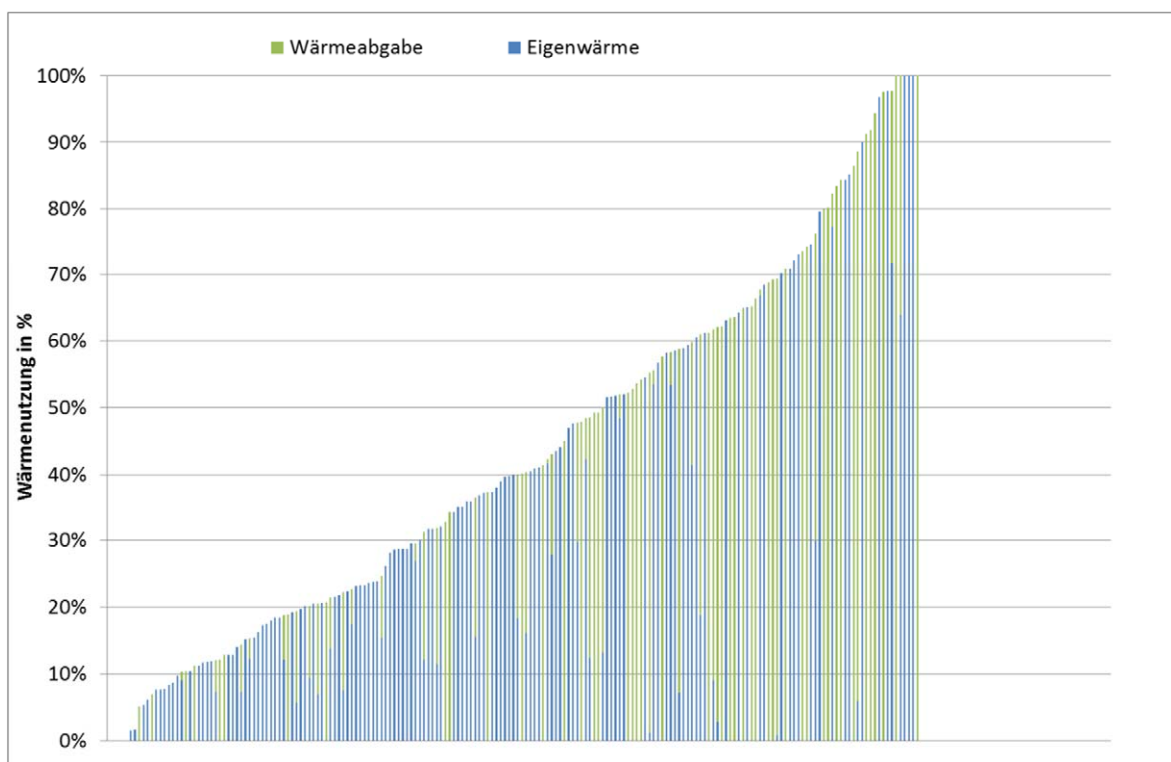


Abbildung 37: Wärmenutzung in % vom nutzbaren Wärmepotential

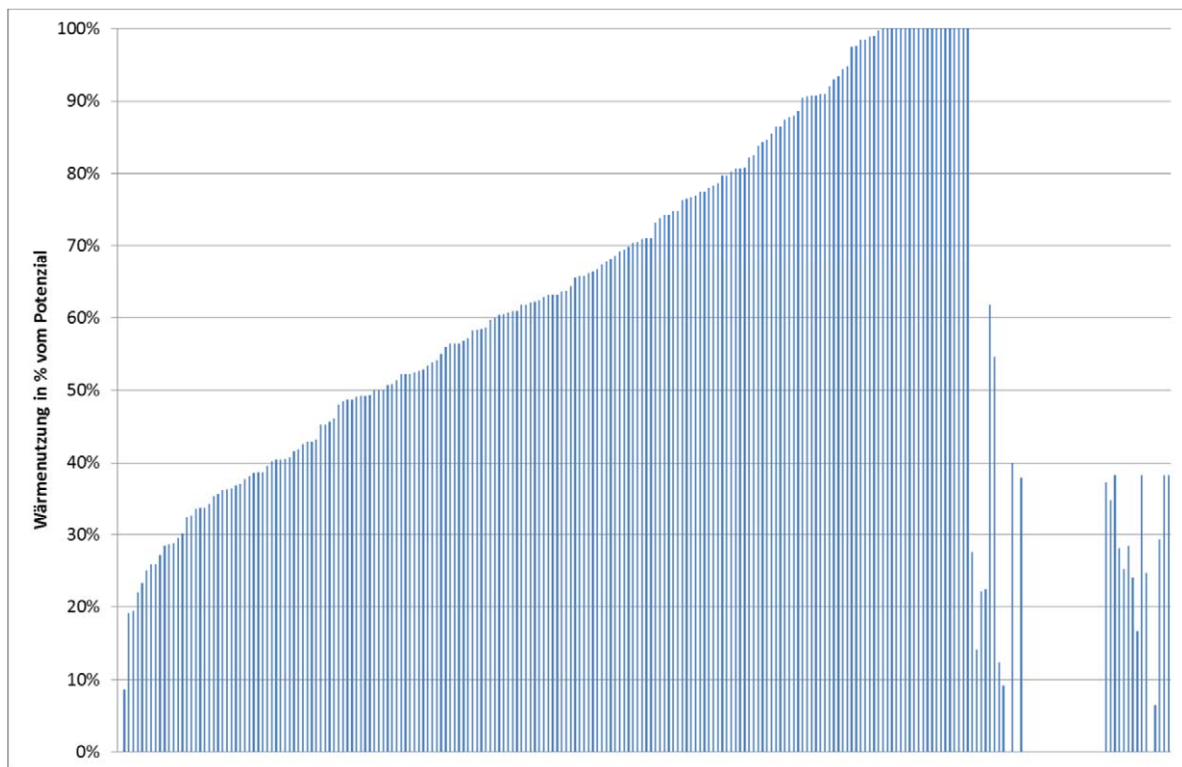


Abbildung 38: Anteil der Nutzung der erzeugten Wärmemenge in den BGA (Sortiert nach der Höhe der Wärmenutzung; rechts Anlagen mit unvollständigen Angaben)

2.7.5 Art der Wärmenutzung in den einzelnen BGA und Regionen

Die Art der Wärmenutzung liefert ein differenziertes Bild (Tab. 19 und Tab. 20; Abb. 39). Bei der Eigenwärmenutzung dominiert die Beheizung der Ställe und der Betriebsgebäude, die durch Warmwasserbereitung und Tränkwasseraufheizung ergänzt wird. Beim Einsatz der Wärme für Trocknungsprozesse besteht das Haupteinsatzgebiet in der sinnvollen Getreide und Grüngutttrocknung, aber auch Holz und Gärproduktttrocknung findet statt.

Die Fremdwärmenutzung erfolgt vorrangig zu Beheizung von Wohnungen und öffentlichen Gebäuden, aber auch für industrielle Prozesse und als nicht spezifizierte Fernwärme.

Tabelle 19: Art der Wärmeeigennutzung (Mehrfachnennung möglich):

Eigenwärme	Anteil Nennungen	Anzahl Nennungen
Stall / Melkhaus	47 %	110
Büro	37 %	87
Werkstatt	35 %	81
Sozialbereich	34 %	81
Warmwasser / Tränkwasser	18 %	43
Trocknung	28 %	65
Getreide	19 %	44
Grüngut	6 %	14
Holz / Sand	23 %	28
Gärprodukte	2 %	5
Kühlung	1 %	3

Die der Auswertung zeigt sich der Wärmenutzung zeigt sich das In Thüringen die betriebliche Nutzung im Gegensatz zum Trend in Deutschland dominiert. Nach DBFZ Betreiberbefragung haben Trocknungsprozesse einen Anteil von 55,2 %. In Thüringen sind das nur 28 %. Bemerkenswert ist auch, dass die Pseudo-Wärmenutzung wie Holz- und Gärprodukt Trocknung in Thüringen eine nur untergeordnete Rolle spielen.

Tabelle 20: Arten der Wärmeabgabe (Mehrfachnennung möglich)

Wärmeabgabe	Anteil Nennungen	Anzahl Nennungen
Wohnungen	17 %	41
Schule / KiTa / öffentliche Gebäude	9 %	21
Fernwärme	6 %	13
Industrie / Gewerbe	9 %	21
Wärmenetze	67 %	63

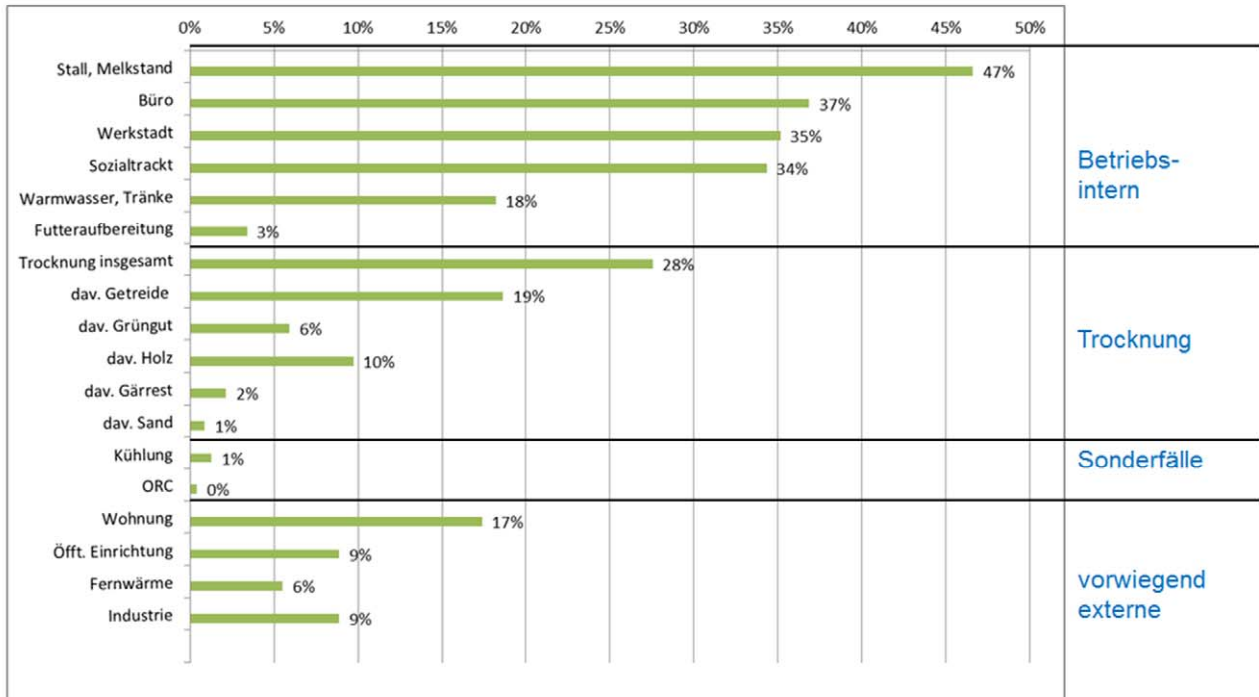


Abbildung 39: Art der Wärmenutzung (Mehrfachnennungen möglich)

Angaben zu den genutzten Wärmenetzen erfolgten eher sporadisch, wahrscheinlich auch, da die Biogaswärme in das vorhandene Netz eingespeist wird. 158 BGA machten hierzu keine Angaben. 63 BGA betreiben Wärmenetzen, lieferten z.T. aber keine Angaben zur Netzlänge. Im Durchschnitt betrug die Netzlänge 750 m. Für die 19 Anlagen, die keine Netzlänge angegeben haben, wurde pauschal 500 m unterstellt. Da z.T. vorhandene Wärmenetze im Betrieb genutzt werden, ist diese Vorgehensweise tolerabel. Allerdings ist auch hier anzumerken, dass oft nur neu errichtete Wärmenetze angegeben wurden. Bei Einspeisung in die betriebliche Wärmeversorgung, die ja in den großen Agrarbetrieben auch Netzcharakter besitzt, erfolgte oft keine Angabe zum Netz.

Die Anteile der Fremd- und Eigenwärmenutzung in den einzelnen Landkreisen sind sehr unterschiedlich, ohne dass dafür deutliche Ursachen in den Verfahrens- und Strukturbedingungen erkennbar sind (Tab. 21).

Der hohe Eigenwärmeanteil in Nordhausen und dem Kyffhäuserkreis ist durch eine Häufung großer BGA in Schweine- und Mastanlagen und der hohe Fremdnutzungsanteil im Landkreis Sömmerda durch die dort vorhandenen 13 Investor-Anlagen im Raum Kölleda bedingt. Durch bewusste Installation dieser Anlagen an den Wärmesenken ist auch die hohe Wärmenutzung insgesamt erklärbar. Die Wärmenutzung in Jena von 104 % folgt aus der vollständigen Einspeisung ins Fernwärmenetz, wobei bei der geringen Anlagenanzahl Unschärfen bei der Bestimmung des Wärmepotentials ergeben.

Tabelle 21: Wärmenutzung in den Landkreisen und kreisfreien Städten Thüringens

	nutzbares Potential (ohne Prozesswärme) MWh	Wärmenutzung (vom nutzbaren Potenzial)		
		eigen %	fremd %	Summe %
Landkreise				
ABG	49.693	14,8%	32,4%	47,2%
AP	25.659	25,3%	24,6%	50,0%
ECH	15.465	35,9%	7,0%	42,9%
GRZ	60.562	21,4%	29,2%	50,6%
GTH	14.091	43,8%	36,8%	80,5%
HBN	44.501	52,1%	15,5%	67,6%
IK	7.167	15,5%	15,9%	31,4%
KYF	19.904	63,3%	14,0%	77,4%
NDH	27.829	61,5%	9,6%	71,1%
SHK	50.385	48,8%	12,6%	61,4%
SFL	11.287	47,5%	8,0%	55,5%
SM	25.980	47,4%	30,5%	77,8%
SOK	54.657	34,0%	22,1%	56,1%
SÖM	68.428	6,9%	70,8%	77,7%
SON	6.179	53,3%	0,0%	53,3%
UH	40.734	34,6%	20,0%	54,5%
WAK	13.660	31,7%	26,6%	58,3%
kreisfreie Städte				
G	10.020	9,6%	35,1%	44,7%
J	10.067	0,0%	104,7%	104,7%
ERF	3.758	9,3%	17,8%	27,1%

Anlage 1: Fragebogen Variante 1

Erhebung Thüringer Biogasanlagen 2016

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Naumburger Str. 98, 07743 Jena,

zurück an:

Dr. G. Reinhold FAX: 03641 683239, Mail: gerd.reinhold@tll.thueringen.de

Betrieb: _____

Telefon: _____ E-mail: _____

(Alle Angaben werden anonymisiert)

(Die Zahlen finden Sie relativ leicht im Umweltgutachten ihrer BGA)

1 Biogasanlage:

BHKW-Leistung kW, BHKW-Hersteller

Fermentergröße m Nachgraber m gasdichtes Lager: m

Stromverwertung: ☐ EEG ☐ Überschusseinspeisung

☐ Direktvermarktung mit: ☐ SRL ☐ MRL ☐ Flex-Preise

Stromeinspeisung in 2015: kWh

Lagerung von Gärprodukten in Folienerdbecken: ☐ nein, ☐ ja, m (Beckengröße)

2 Substrateinsatz m bzw. t/Tag (Mittelwert in 2015)

Rindergülle m/d Silomais t/d t/d

Schweinegülle m/d Grassilage t/d t/d

Hühnerkot t/d Getreide t/d t/d

Stallmist t/d GPS t/d t/d

..... t/d t/d t/d

3 Angaben zur Wärmenutzung (Mittelwert in 2015)

Summe Nutzung der erzeugten Wärme MWh/a bzw. % der Erzeugung

☐ Fermenterheizung: MWh/a % ☐ Zähler bzw. ☐ keine Erfassung

☐ Eigenverwertung: MWh/a % ☐ Zähler bzw. ☐ keine Erfassung

☐ Heizung Was?

☐ Trocknung Was?

☐ Sonstiges:

☐ Wärmeabgabe: MWh/a % ☐ Zähler bzw. ☐ keine Erfassung

☐ Heizung Was?

☐ Trocknung Was?

☐ Sonstiges:

☐ Wärmenetz > 400 m ☐ ja ☐ nein

Anlage 2: Fragebogen Variante 2

Erhebung Thüringer Biogasanlagen 2016

zurück an: Dr. G. Reinhold FAX: 03641 683239, mail: gerd.reinhold@tll.thueringen.de

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Naumburger Str. 98, 07743 Jena

Betrieb: _____

Telefon: _____ E-mail: _____

(Alle Angaben werden anonymisiert)

.....
(Die Zahlen finden Sie relativ leicht im Umweltgutachten ihrer BGA.)

1 Biogasanlage:

Inbetriebnahmejahr: _____

BHKW-Leistung: _____ kW, BHKW-Hersteller: _____

BHKW-Wirkungsgrad: _____ elektrisch: _____ % thermisch: _____ %

Fermentergröße: _____ m Nachgraber: _____ m, Gasdichtes Lager: _____ m

Fermentationstemperatur _____ C

Stromverwertung: ☐ EEG ☐ Überschusseinspeisung

☐ Direktvermarktung mit: ☐ SRL ☐ MRL ☐ Flex-Preise

Stromeinspeisung in 2015: _____ kWh

Lagerung von Gärprodukten in Folienerdbecken: ☐ nein, ☐ ja, _____ m (Beckengröße)

2 Substrateinsatz in m bzw. t/Tag (Mittelwert in 2015)

Rindergülle _____ m /d Silomais _____ t/d .. _____ t/d

Schweinegülle _____ m /d Grassilage _____ t/d .. _____ t/d

Hühnertrockenkot _____ t/d Getreide _____ t/d .. _____ t/d

Stallmist _____ t/d GPS _____ t/d .. _____ t/d

3 Angaben zur Wärmenutzung (Mittelwert in 2015)

☐ Fermenterheizung: _____ MWh/a % ☐ Zähler bzw. ☐ keine Erfassung

☐ Eigenverwertung: _____ MWh/a % ☐ Zähler bzw. ☐ keine Erfassung

☐ Heizung Was? _____

☐ Trocknung Was? _____

☐ Sonstiges: _____

- ☐ Wärmeabgabe: _____ MWh/a % ☐ Zähler bzw. ☐ keine Erfassung
- ☐ Heizung Was? .
- ☐ Trocknung Was? .
- ☐ Sonstiges: .
- ☐ Wärmenetz ☐ ja L nge . M

Ist eine (ggf. weitere) Wärmeverwertung geplant? Wenn ja, welche?

.....

Welche Pläne haben Sie mit Ihrer BGA nach dem Auslaufen der Einspeisevergütung?

...